ORIGENES DEL HOMBRE

La Vida antes del Hombre (II)

4

TIME LIFE
folio

EX LIBRIS Scan Digit



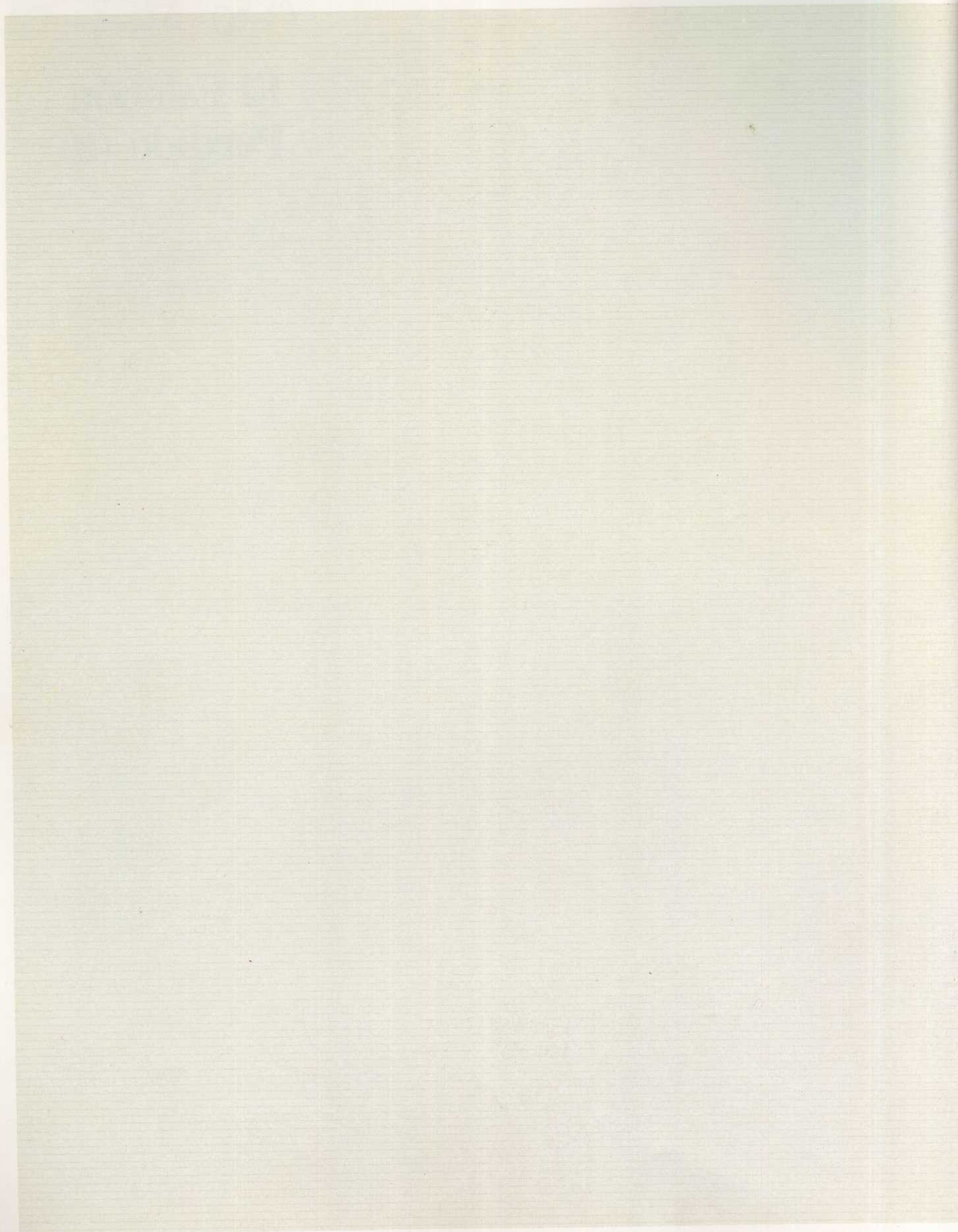
The Doctor

http://thedoctorwho1967.blogspot.com.ar/

http://el1900.blogspot.com.ar/

http://librosrevistasinteresesanexo.blogspot.com.ar/

La Vida antes del Hombre (II)



ORIGENES DEL HOMBRE

La Vida antes del Hombre (II)

TIME LIFE
folio

Dirección editorial: Julián Viñuales Solé
Dirección técnica: Miguel Carod
Autores: Peter Wood, Louis Vaczek, Dora Jane Hamblin y Jonathan Norton Leonard
Asesores: A. W. Crompton, Farish A. Jenkins Jr., Robert T. Bakker, Theodore Delevoryas, John H. Ostrom, Elwyn L. Simons y Julián Viñuales

Coordinador de la colección: Julián Viñuales Lorenzo (Institute of Archaeology. London)
Coordinación técnica: Pilar Mora
Diseño de la cubierta: STV Disseny

Publicado por:
Ediciones Folio, S.A.
Muntaner, 371-373
08021 BARCELONA

© Time-Life Books Inc. All rights reserved
© Ediciones Folio, S.A., 1993

Distribución exclusiva para España y América:
Editorial Rombo, S.A.

Distribuye para España:
MIDESA
Ctra. de Irún, Km 13,350
28049 MADRID

Suscripciones y petición de números atrasados:
(sólo para España)
P.E. Ediciones Folio, S.A.
Apartado de correos, 4
08940 Cornellà (Barcelona)

ISBN: 84-7583-427-2 (obra completa)
84-7583-431-0 (volumen II)

Impresión:
Cayfosa. Santa Perpètua de Mogoda (Barcelona)
Depósito Legal: B-8486-93
Printed in Spain

Índice de materias

VOLUMEN II

El belicoso estilo de vida de los dinosaurios 89

Capítulo cuarto:
Huellas del pasado en el hombre 98

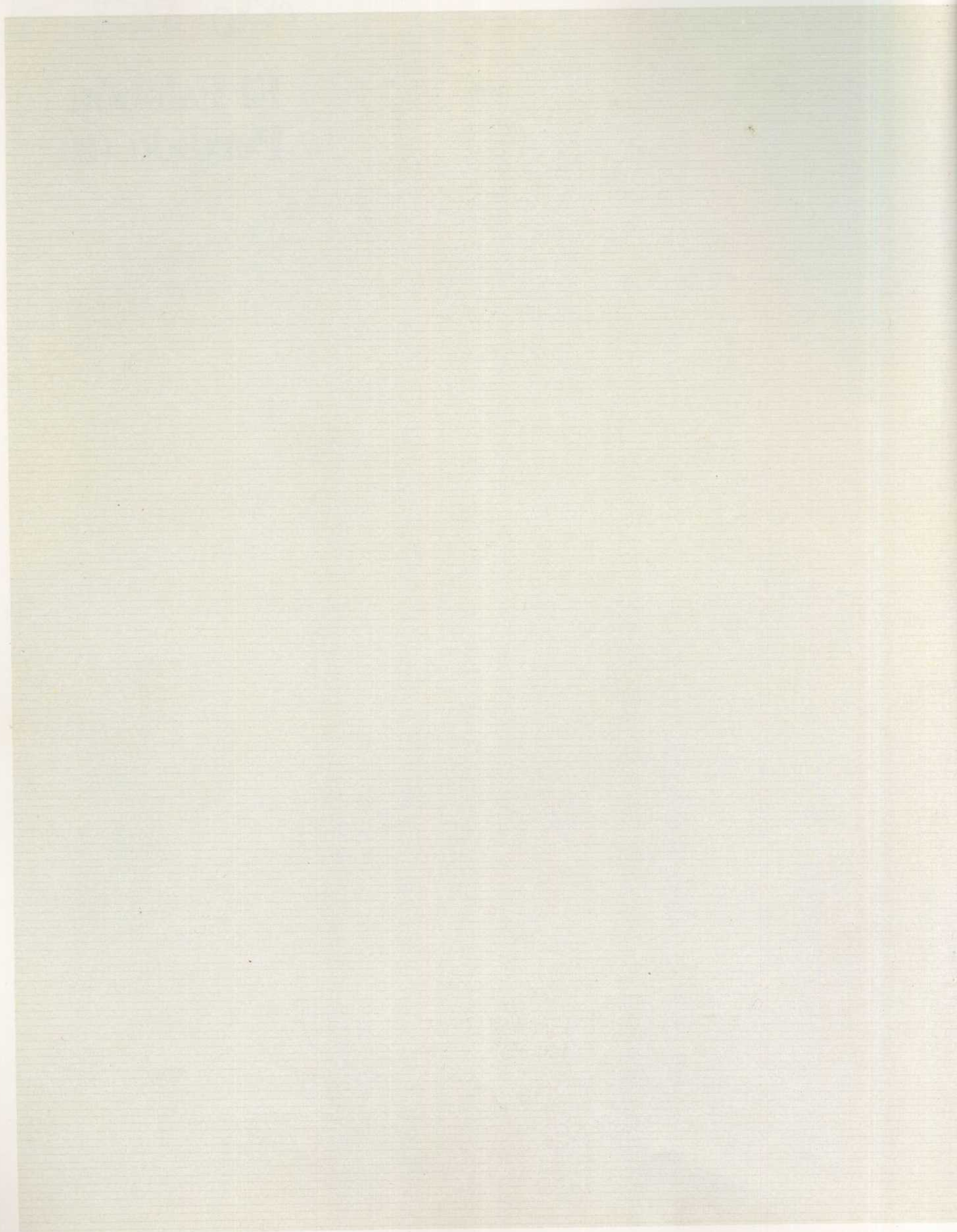
Capítulo quinto:
El poder del grupo 122
Espejos de la sociedad humana 139

Procedencia de las ilustraciones 152

Agradecimientos 153

Bibliografía 154

Índice 155

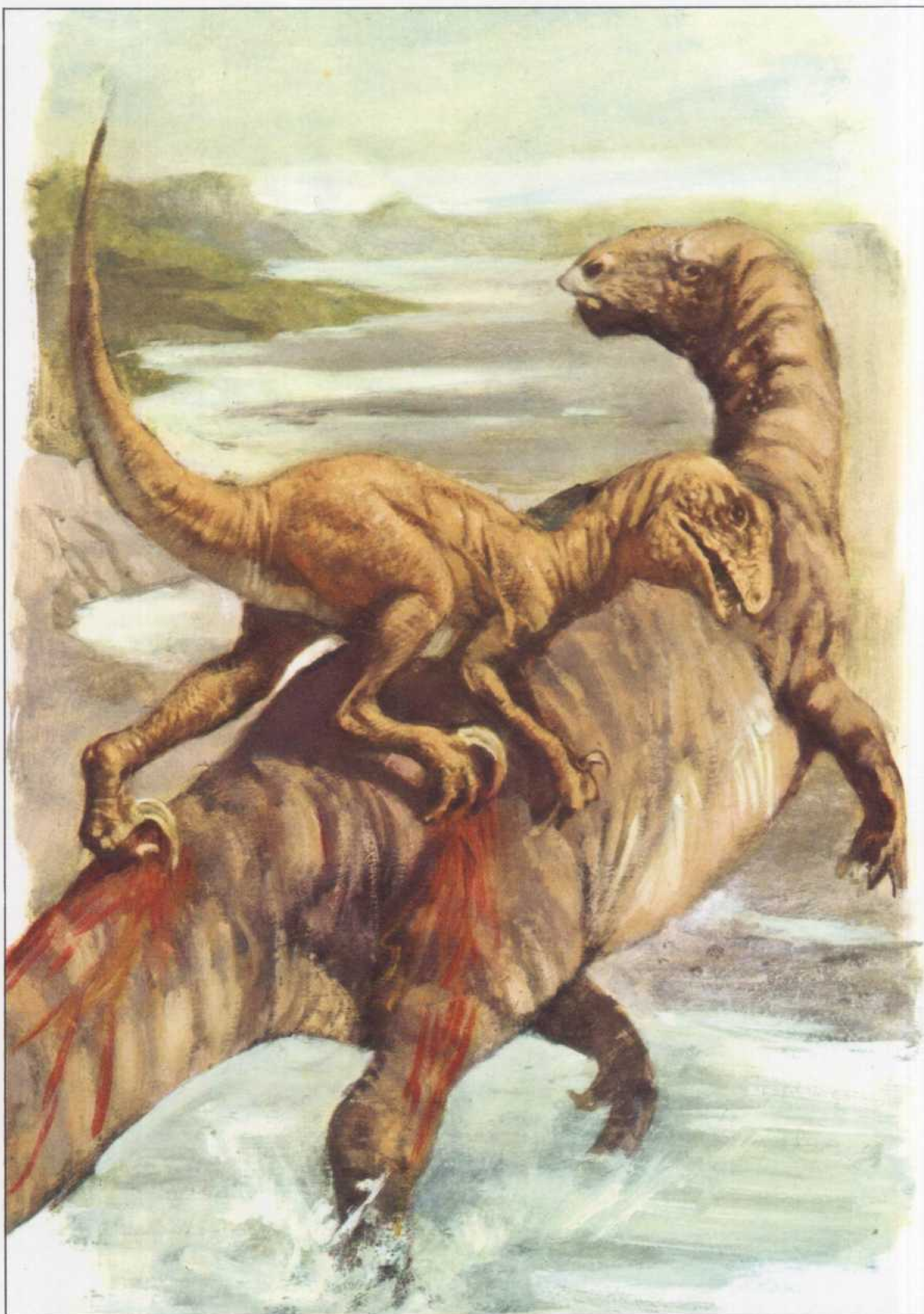


El belicoso estilo de vida de los dinosaurios

Si se pregunta a la gente cómo imagina la vida de los dinosaurios, la mayoría evocará una lucha sangrienta, como la representada en la ilustración de la derecha. Y no andarán muy equivocados. Los gigantescos reptiles pasaban la mayor parte de su vida luchando unos contra otros.

A veces las peleas eran entre saurios carnívoros, cada uno de los cuales intentaba conseguir una comida de carne fresca. En otras ocasiones, la disputa tenía como origen derechos territoriales. Otras veces dos machos chocaban a causa del predominio sexual. Y otras, como en la representada a la derecha, se trataba de una lucha a muerte entre un hambriento carnívoro y su presa. La ilustración muestra al carnívoro deinonychus, de unos 2,40 m y unos 90 kg de peso, atacando al tenontosaurio, un vegetariano, de 7 m de largo y casi una tonelada de peso, provisto de poderosas garras traseras que podían dañar cruelmente al agresor. Pero el deinonychus tenía la ventaja de poseer una gran agilidad y, además, un aparato de equilibrio extremadamente bien desarrollado que le permitía subirse sobre la espalda del tenontosaurio y desgarrarle con sus mortales armas, unas garras semejantes a cuchillas en cada una de sus pezuñas traseras.

A pesar de estas feroces batallas, los dinosaurios normalmente convivían bastante pacíficamente. Dentro de cada especie realizaban muchas tareas en común, anidaban en grupos y se trasladaban de un lugar a otro en grandes rebaños, lo que parece que se organizara para una defensa más eficaz.



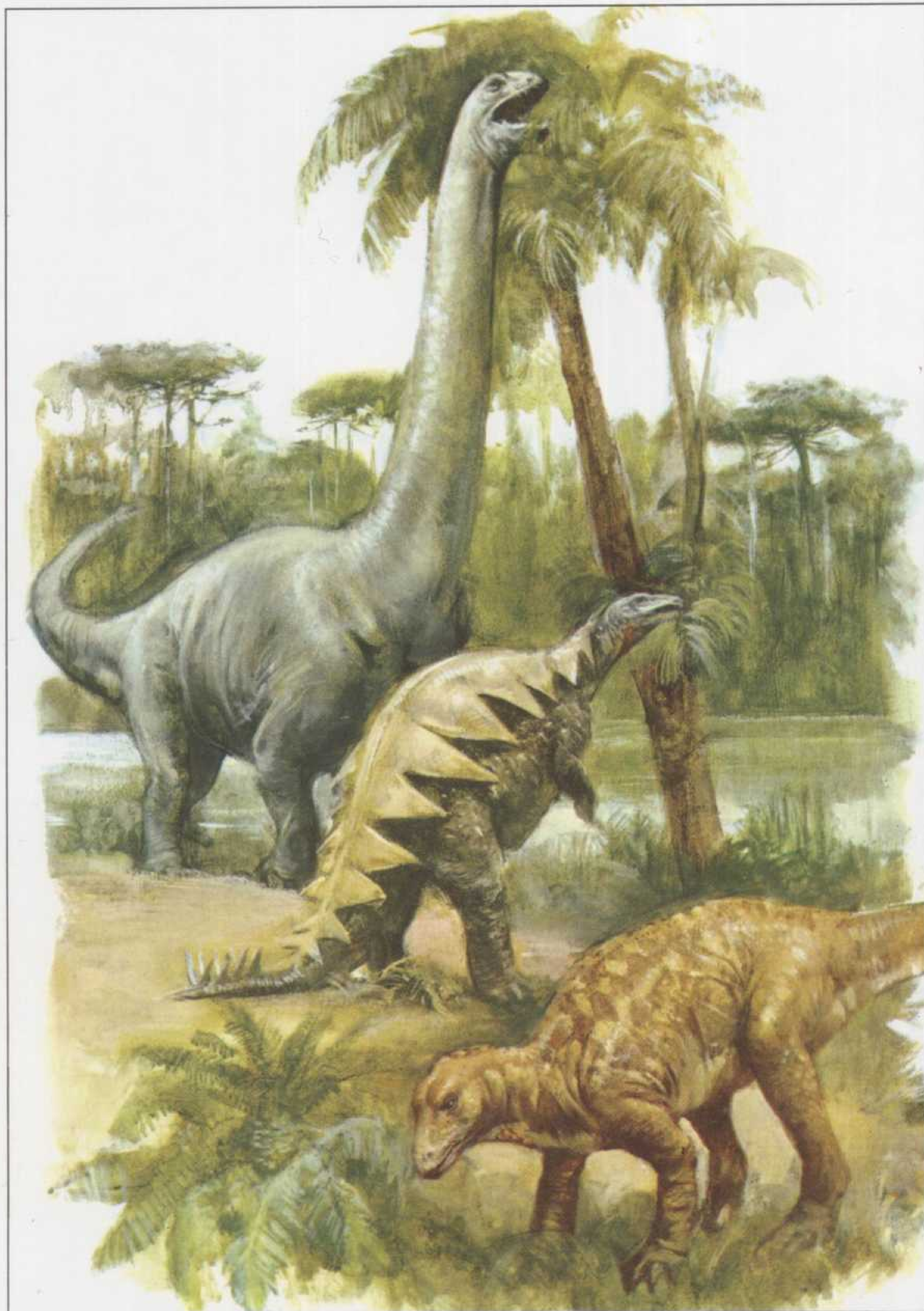
En busca de comida, un deinonychus, carnívoro, ataca a un tenontosaurio, vegetariano.





Un combate a muerte entre dos dinosaurios (escena muchas veces imaginada, pero nunca documentada) pudo ser reconstruido 100 millones de años después de que tuviese lugar, al ser descubiertos los dos esqueletos de la fotografía. Atrapados en medio de su pelea, un carnívoro denominado velociraptor (en negro) agarra entre sus miembros delanteros la cabeza de su presa, un protocerátops vegetariano (en rojo). En ese momento ambos animales murieron juntos de modo repentino, nadie sabe cómo, y fueron atrapados para siempre en su lucha inacabada. Permanecieron enterrados hasta 1971, en que una expedición conjunta polaco-mongol descubrió los dos pequeños dinosaurios –ninguno de ellos mide más de 2 m– en las areniscas del desierto de Gobi.

Los grandes banquetes de los dinosaurios hambrientos



De arriba abajo, pueden verse un camarasaurio, un estegosaurio y un camptosaurio.

El momento de la comida entre los dinosaurios debe haber sido algo digno de verse, ya que los de mayor tamaño eran extraordinarios comilones, probablemente los más voraces que jamás hayan existido. La ración diaria del camarasaurio de la izquierda era de tres cuartos de tonelada de hojas y ramitas: el animal pesaba cuatro veces más que un elefante actual. Su enorme tamaño explica tan extraordinario apetito, pero además había otras razones: la mayoría de los grandes dinosaurios comían vegetales (una fuente de energía mucho menos eficaz que la carne) y hay que tener en cuenta que los dinosaurios, según han descubierto recientemente los científicos, no eran animales lentos y perezosos, sino animales activos que consumían muchas energías.

Su apetito extraordinario era fácilmente satisfecho en las ricas sabanas y en los bosques de la era Mesozoica, puesto que en aquel tiempo la Tierra disfrutaba de un clima suave, y muchas zonas ahora desiertas eran lozanas y florecientes. Los gigantescos helechos se amontonaban en torno a las orillas de los lagos. Salpicando las sabanas había extraños grupos de árboles, semejantes a las actuales palmeras; algunos tenían sólo de 30 a 60 cm de altura; otros, como la williamsonia *(a la izquierda),* alcanzaban los 9 m.

Las sabanas bienhechoras se convertían, pues, en despensas comunales donde cada dinosaurio comía al nivel que podía alcanzar más fácilmente. Y si había comida para los animales vegetarianos, esto significaba que había asimismo comida abundante para los carnívoros.



Al tiempo que dos gigantescos tarbosaurios se pelean por un animal muerto, éste es apresado por un pariente del deinonychus.

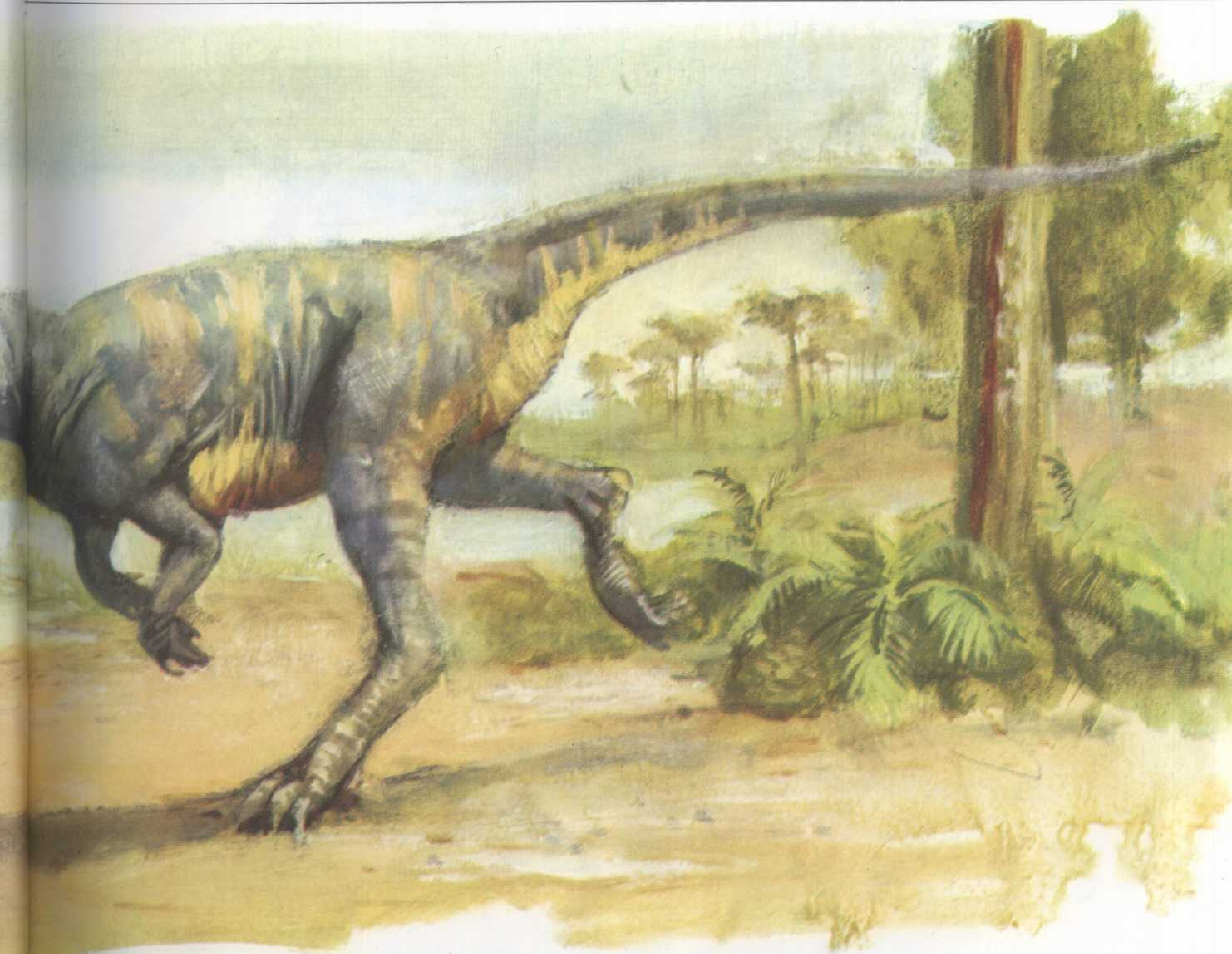
La batalla de ritual por la conquista de las hembras



on los huesos de la columna vertebral y las colas horizontales para correr mejor, dos "cabezas de cúpula" chocan uno contra otro en una prueb

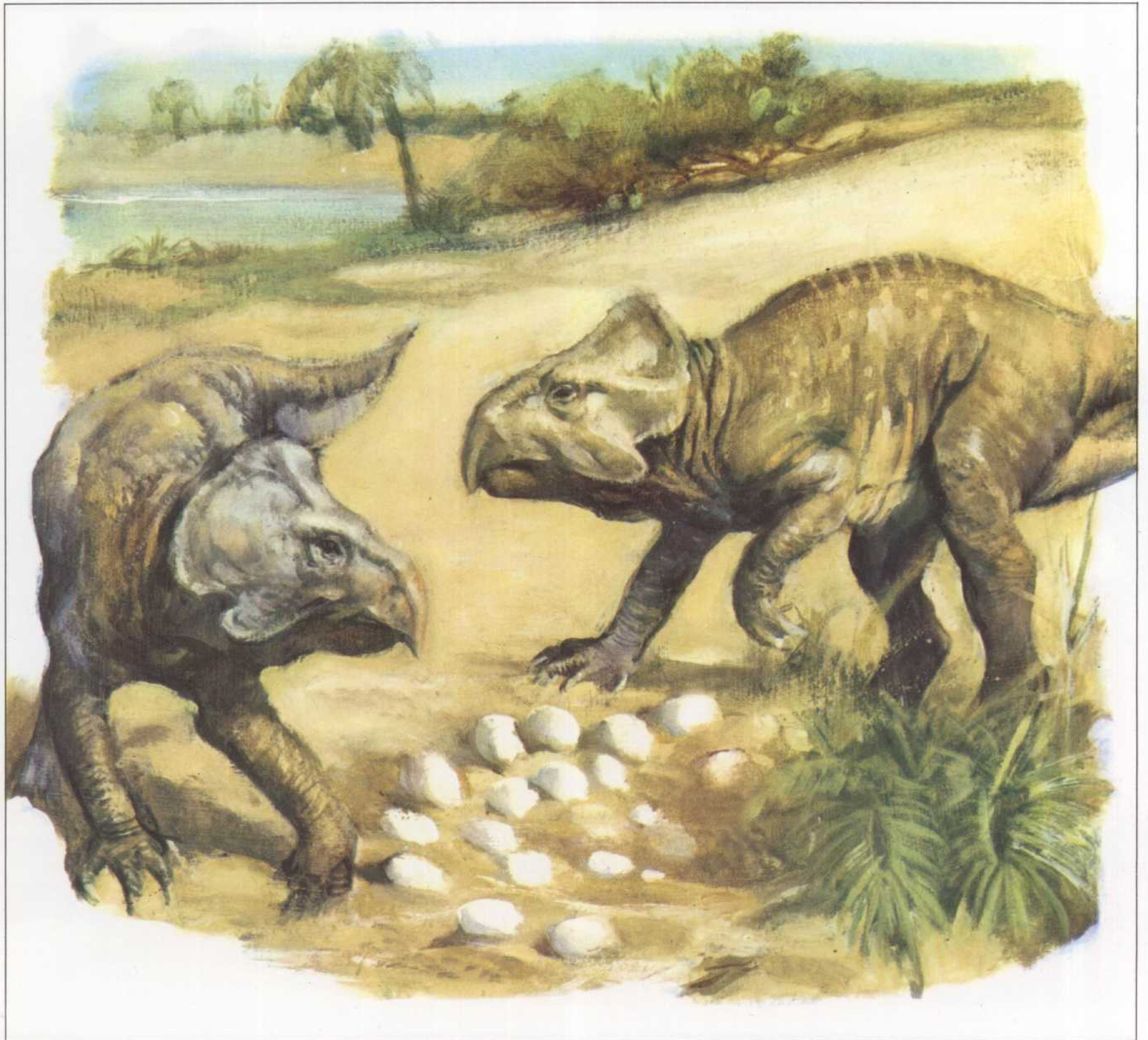
Había una vez un dinosaurio, denominado estegoceras, pero apodado, de modo más descriptivo, "cabeza de cúpula". El cráneo del "cabeza de cúpula" estaba reforzado en su parte superior con tres huesos de 12 cm de grosor. Esta característica proporciona una de las claves de la conducta sexual de tales criaturas. El grueso cráneo tenía como objetivo, evidentemente, el que los "cabezas de cúpula" machos, cuando luchaban, se pusieran en guardia por parejas, uno frente al otro, bajaran sus cabezas y cargaran el uno contra el otro. Probablemente el "cabeza de cúpula" que topaba con mayor fuerza ganaba un verdadero harén de "cabezas de cúpula" hembras.

Los científicos que han aventurado tal hipótesis se basan en acciones similares de los actuales carneros de las montañas. Como que existen pruebas de que los "cabezas de cúpula" formaban rebaños, los huesos de la cúpula de sus cabezas pueden haber sido símbolos del rango, en el interior del rebaño. El hecho de que los "cabezas de cúpula" careciesen de salientes o cuernos sugiere que las "cúpulas" eran sólo utilizadas en luchas rituales de carácter sexual–, ya que hubieran sido poco eficaces como armas mortales.



de fuerza durante la época de apareamiento.

La puesta de los huevos, acto comunitario



Después de seleccionar un lugar cálido y soleado, dos hembras protocerátops se juntan para cubrir sus huevos bajo una capa de arena.

En 1923, en el desierto de Gobi, en la Mongolia exterior, fue descubierto un nido con huevos de protocerátops, que puso de manifiesto que este dinosaurio, y probablemente también otros, seguía un modelo social que raramente se encuentra en el mundo animal: se reunían varios animales para poner sus huevos en un nido común. La prueba la ofrece el gran número de huevos que el nido parece haber contenido originalmente –tal vez 30 o más, demasiados para haber sido puestos por un solo protocerátops–. Cada hembra ponía su nidada de huevos de 24 cm, formando un diseño de círculos concéntricos crecientes. En el círculo interior había sólo unos pocos huevos, en el siguiente círculo unos cuantos más y en el círculo exterior un número mayor. El extremo más ancho del huevo estaba inclinado hacia arriba, y la superficie de este extremo era suave, en contraste con la arrugada cáscara que cubría el resto del huevo. Después de poner los huevos, los dinosaurios los cubrían con arena, dejando que los huevos se incubasen por sí mismos. Los embriones alcanzaban un tamaño de 30 ó 35 cm antes que los huevos se rompiesen y saliesen las crías al exterior. Estos animales llegaban a alcanzar de 1,80 a 2,40 m.

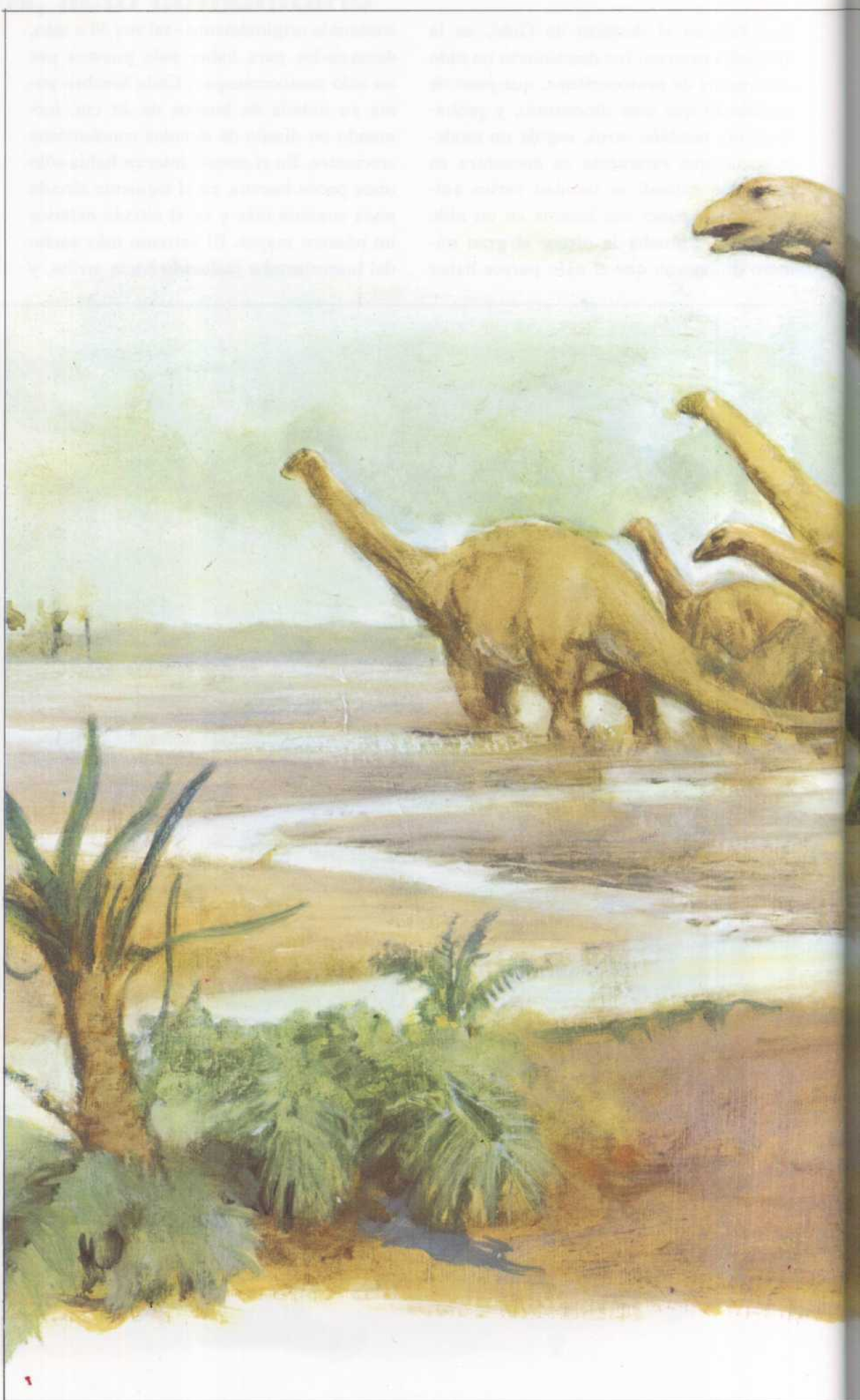


Los pequeños protocerátops emergen de las cáscaras. A esta edad carecían de los collares que tenían sus madres en el cuello.

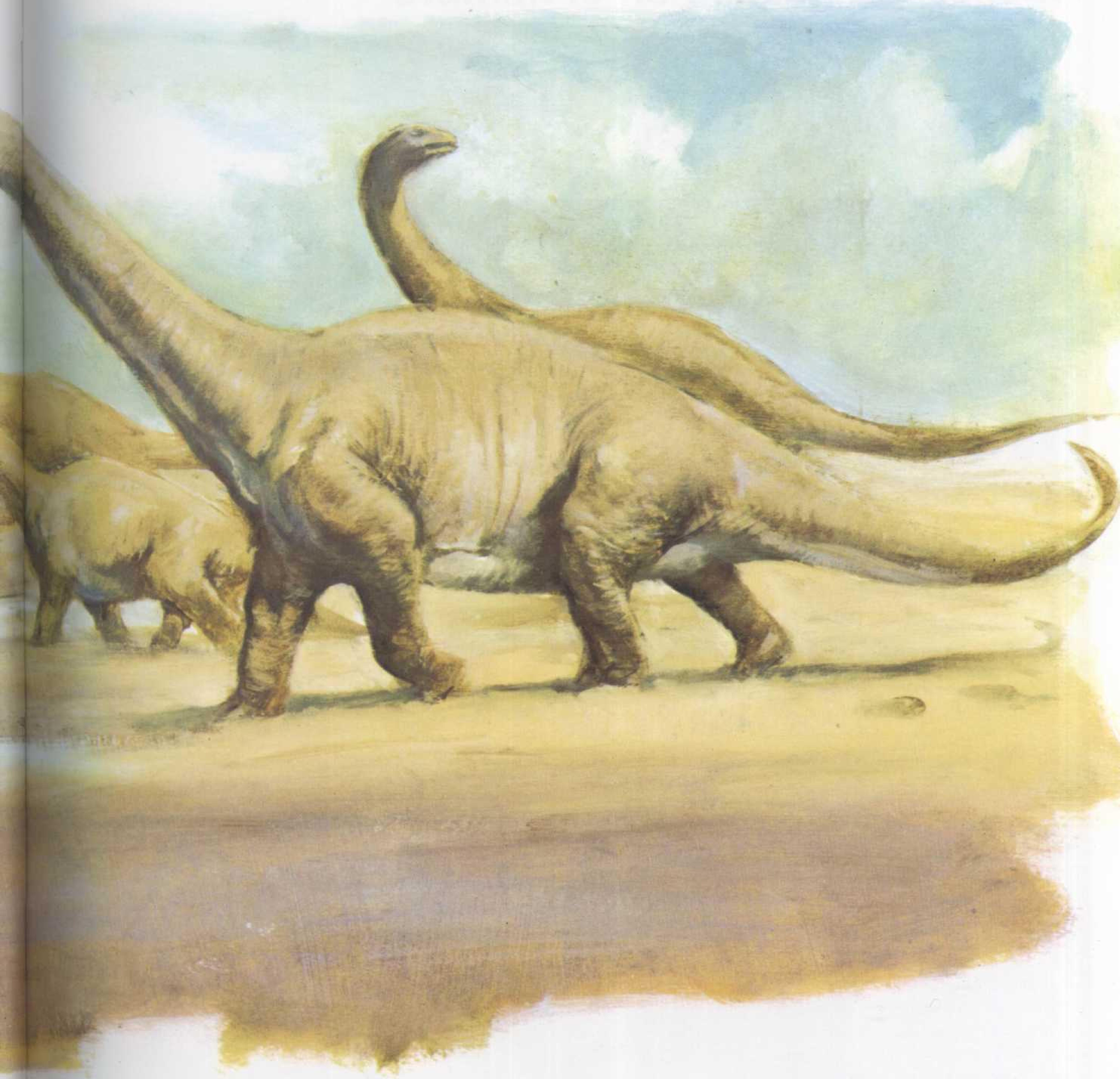
Un rebaño en formación de defensa

Cuando en un territorio comienza a disminuir el alimento, o se produce una sequía, una inundación, o el exceso de animales depredadores determina una amenaza para su existencia, los mamíferos actuales que viven en las llanuras americanas emigran en grandes rebaños hacia nuevos y verdes pastos. De acuerdo con una teoría recientemente revivida, los dinosaurios parecen haber obrado de igual modo. Las pruebas de tal conducta consisten en los diseños que forman las huellas fósiles, las cuales indican que grandes grupos de dinosaurios se desplazaban a lo largo de una pista muy recta, a paso lento, hacia algún destino que actualmente se halla bajo incontables estratos de tierra. Qué era exactamente lo que los animales dejaban detrás y qué es lo que buscaban al final de su viaje no lo sabemos, pero estas migraciones en gran escala estuvieron impulsadas sin duda por la necesidad de encontrar nuevas fuentes de alimentos.

Evidentemente, estos rebaños de dinosaurios estaban organizados de un modo que demuestra una preocupación por los miembros más jóvenes no demasiado propia de los reptiles. Por lo general, los reptiles actuales ignoran por completo a sus descendientes; incluso se comen alguno ocasionalmente. Pero las huellas dejadas por un grupo de brontosaurios indican que los animales mayores caminaban en la periferia de la columna, mientras que los menores permanecían en el centro. La explicación más plausible es que los machos adultos eran los guardianes del rebaño, y daban cobijo y custodia a los más jóvenes, poniéndolos a salvo de los merodeadores comedores de carne.



Un grupo de brontosaurios en formación cruza la llanura. Como puede apreciarse los



poderosos machos se han colocado en torno a los animales jóvenes y más débiles que caminan en el centro.

Capítulo cuarto: Huellas del pasado en el hombre



"La evolución", escribió el eminente genetista Theodosius Dobzhansky, "es una síntesis de determinismo y de azar, y en esta síntesis radica el proceso creativo. Cualquier proceso creativo encierra, no obstante, ciertos riesgos de fallo, lo cual en la evolución biológica significa extinción. Por otra parte, la creatividad hace posibles extraordinarios logros y descubrimientos."

Los dinosaurios constituyen un fallo espectacular de la naturaleza. Tras un reinado de 130 millones de años desaparecieron de la Tierra sin dejar descendientes. Pero, en cambio, otro experimento en la creación de la vida animal, que se inició en las mismas fuentes ancestrales que los dinosaurios, no terminó en un callejón sin salida de la evolución; a lo largo y ancho de las épocas preservó una traza de vida que, a despecho de gran cantidad de giros y retrocesos, acabó finalmente por desembocar en lo que Dobzhansky describe muy apropiadamente como "el mayor éxito de la evolución biológica hasta la fecha", el hombre moderno.

La larga e interesante historia del camino seguido por el hombre para adquirir los atributos que le convirtieron en un ser tan incomparablemente logrado ha dejado en el cuerpo humano una serie de huellas de aquellos antepasados tan distintos del hombre actual y que tuvieron vidas también enteramente distintas. Algunas, pocas, de tales reliquias son aún útiles, mientras que otras carecen de utilidad. En el extremo posterior de la columna vertebral humana se halla un hueso, el coxis, vestigio de una cola que diversos animales peludos debieron haber encontrado muy útil para protegerse o como órgano de contrapeso. Otros vestigios, como el apéndice, pueden ser fuente de importantes perturbaciones del organismo humano.

Un embrión humano de seis semanas, protegido por el saco amniótico de su madre, flota en un fluido salino como lo hacían los antecesores acuáticos del hombre que respiraban oxígeno, hace mil millones de años. En este estadio de su desarrollo, el embrión se parece más a un pez que a un ser humano, con sus brazos y piernas semejantes a aletas, su espina dorsal acabada en una cola, y bolsas como agallas.

Hay también unas pocas cosas en las que el cuerpo humano no se ha desarrollado de manera adecuada; las cabezas de las crías humanas, por ejemplo, han crecido tan enormemente, para contener el importantísimo cerebro, que en el momento del parto pasan con gran dificultad a través de la abertura de la pelvis femenina, lo cual determina en ocasiones grandes dolores. Pero con todo, el cuerpo humano es un producto cabal de pruebas y selecciones iniciadas hace más de 3.000 millones de años.

Durante este enorme lapso de tiempo, la naturaleza por sí sola determinó la evolución que finalmente proporcionaría al cuerpo humano su soporte interno, el esqueleto, su temperatura constantemente caliente, sus piernas para caminar erguido, sus manos para una diestra manipulación, y las demás significativas características que han permitido que el hombre ejerza un dominio de la Tierra mucho más efectivo que el logrado por los dinosaurios. La evolución de los animales fue una respuesta a los retos que les planteaba el medio ambiente. Si el clima era frío, la selección natural favorecía el desarrollo de pieles con pelo y de capas de grasa. Cuando las plantas con hojas y las hierbas se difundieron, se desarrollaron los dientes tronchadores. Cada animal se hallaba a merced de su hábitat: si estaba en armonía con su medio ambiente, este animal prosperaba y se desarrollaba; si no lo estaba, o se trasladaba a otro lugar más a propósito, o moría. Este predominio del medio ambiente natural sobre la evolución terminó bruscamente cuando el hombre apareció en escena. Cuando éste tuvo que buscar su alimento haciendo presa sobre otras criaturas, no necesitó desarrollar garras y grandes incisivos; hizo armas de madera y de piedra. Cuando el clima se hizo frío, el hombre se envolvió en pieles de animales y no desarrolló una cubierta peluda.

Durante un millón de años o más, la evolución del hombre ha sido independiente de su medio ambiente, y su adaptación a cualquier tipo de hábitat –incluso al hostil vacío del espacio– parece totalmente asegurada. Pero hoy día el hombre parece dispuesto a inclinar la balanza entre evolución y medio ambiente hacia otro lado. En efecto, el

hombre actual es capaz de interferir directamente en los procesos establecidos por su propia evolución; en los últimos años ha adquirido la facultad, a menudo sin darse cuenta siquiera de lo que estaba haciendo, de cambiar la herencia genética que hace humanos a los humanos. Tal poder bien puede conducir al desastre: una droga que parecía constituir un valioso remedio para el insomnio ha tenido trágicos efectos al ser tomada por las mujeres gestantes, distorsionando el normal desarrollo de sus hijos, cuyos miembros semejaban más primitivas aletas que brazos y piernas humanos.

Y, sin embargo, el conocimiento preciso de los mecanismos de la herencia, que ahora se posee, está acumulando promesas importantísimas acerca de la posibilidad de controlar algunas de las debilidades genéticas del hombre. Determinadas cargas pesadas que los humanos poseen en su herencia genética podrían ser evitadas –podrían evitarse, por ejemplo, taras tales como el retraso mental, si sus huellas genéticas pudiesen ser borradas–. Tal vez, incluso sería posible estimular otro gran paso de la evolución, como, por ejemplo, mayor expansión en la capacidad del cerebro. Pero probablemente el mejor uso que el hombre pueda hacer de su creciente poder para interferir el curso del futuro dependerá, en primer lugar, de lo bien que logre comprender las etapas seguidas por la naturaleza para formarle en el pasado.

El modelo básico del cuerpo que nosotros damos por garantizado –interior y exterior, parte anterior y posterior, lado derecho y su imagen en un espejo, el lado izquierdo– inició su carrera en los cálidos mares que bañaban la casi totalidad de la antigua Tierra. La característica más fundamental del cuerpo es un canal alimentario interior (pero perceptible desde el exterior) para asimilar agua y comida. Se originó entre los antiquísimos habitantes de los mares primigenios –los primeros animales multicelulares, poco más que motas de gelatina–. Una de estas primitivas criaturas desarrolló finalmente un tubo interior en el que eran depositadas las materias alimenticias, las cuales eran expuestas a procesos de digestión, mientras que los restos no asimilables eran expelidos al exterior por el otro extremo del tubo. Este aparato demostró tener tantas ventajas que constituye actualmente un equipo estándar no sólo para el hombre y los animales superiores, sino también para animales inferiores.

El conducto alimentador es un gran invento, en parte por ser un canal abierto por ambos extremos, y en parte por hallarse en el interior del cuerpo. Puesto que las células que tapizan el tubo están protegidas debido a su posición interior, pueden ser muy delicadas, finamente tabicadas y por ello poseen una mayor eficacia para absorber las materias nutritivas que si se hallasen en el exterior. Pero, además, debido a su forma y posición, las materias sobrantes no pueden mezclarse con la comida que penetra, como sucede en otros animales, cuyo aparato digestivo consiste simplemente en un saco provisto de una sola abertura. El flujo de material alimenticio es fácilmente controlable, y los jugos digestivos sueltos en el confinado espacio del tubo actúan de modo más eficaz de lo que actuarían en el exterior. En los animales superiores el canal está equipado con complicadas válvulas, con compartimientos y bombas, pero su función no ha variado en casi mil millones de años o más.

Los animales superiores, incluido el hombre, pueden ser descritos como mecanismos cuya vida depende de modo primordial de la manera en que abastecen y protegen sus canales alimentadores.

Los primitivos organismos multicelulares, que por primera vez desarrollaron canales alimentadores, también adquirieron automáticamente una parte delantera y una trasera; la delantera estaba constituida por el extremo por el que penetraba el alimento, y la trasera era el extremo por el que los desperdicios eran expelidos. Si este animal con popa y proa podía serpentear o nadar, se movía siempre en la dirección indicada por su parte delantera, buscando alimento para su hambriento tubo digestivo; si poseía órganos para ver y olfatear, que le condujeran hacia la comida, y tentáculos o dientes para capturarla, éstos naturalmente se concentraban en torno a la entrada del

tubo, la cual entonces ya puede ser considerada como una boca. Y cuando el sistema nervioso de tal criatura se hacía lo suficientemente complicado como para necesitar algo semejante a un cerebro, que clasificase las señales enviadas por el cuerpo, el mejor lugar para este centro de control estaba sin lugar a dudas en las proximidades de la concentración de órganos sensoriales, donde sus servicios alcanzaban la máxima demanda. Animales humildes tienen esta concentración de órganos sensoriales y cerebro en las proximidades de la boca, y también el hombre.

De los más remotos antecesores del hombre, habitantes de los mares, procede también otra de las características básicas de la estructura del hombre: su forma del cuerpo bilateralmente simétrica. Para el hombre, y para la mayoría de los animales vivientes que caminan, nadan o vuelan, se ha demostrado que un cuerpo con un lado idéntico al otro resulta extraordinariamente conveniente. En efecto, este hecho proporciona la posibilidad de mover primero el extremo frontal y dirigirse de un lado a otro manteniendo la faz hacia arriba. Tan sólo la parte exterior del cuerpo necesita ser simétrica; las partes interiores, que no están relacionadas con la locomoción, pueden variar de forma, aunque muchas de ellas estén centradas o emparejadas. Los animales que se mueven lentamente, o no se mueven en absoluto, pueden tener simetría parcial, como el caracol; o simetría radial, como la estrella de mar de cinco brazos.

La determinación de un modelo fundamental del cuerpo constituyó un primer paso en la dirección general conducente al hombre, y durante cerca de tres mil millones de años las criaturas que explotaron sus ventajas imperaron en los mares primigenios. Todos fueron invertebrados –muchos de ellos de cuerpo blando, cosas sin huesos, como el moderno pulpo; otros, como las langostas y los insectos, se guarecían en una estructura exterior semejante al hueso–. Pero con la aparición de los peces, los primeros animales que tuvieron columna vertebral interior, empezó la edad de gloria de los vertebrados. La vía de la evolución había emprendido su más crucial bifurcación, y a partir de este punto en adelante, los vertebrados –de los que el hombre constituye el ejemplo supremo– fueron ascendiendo gradualmente hasta alcanzar el dominio sobre los insectos, los crustáceos y otros invertebrados, que fueron siempre muchísimo más numerosos.

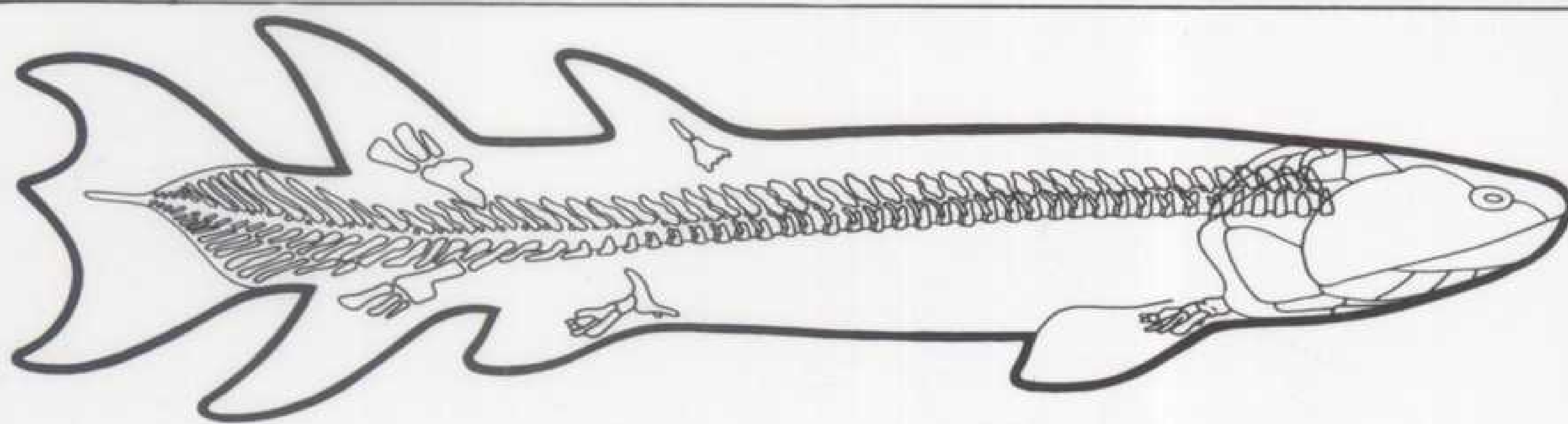
La importancia de la columna vertebral nunca será bastante ponderada. Proporciona la base en torno a la cual está construido el esqueleto interno del hombre. Cada animal que se mueve vigorosamente goza de algún tipo de material duro al cual van unidos sus músculos; pero estos animales tienen un gran inconveniente: no pueden crecer sin mudar su exosqueleto y segregar otro enteramente nuevo. Este proceso no es solamente costoso en material corporal, sino que es en extremo peligroso; por ejemplo, una langosta que acaba de mudar su caparazón, o que se le ha fundido, queda completamente indefensa, y se debe ocultar entre las rocas o plantas marinas hasta que su nuevo caparazón haya crecido y endurecido convenientemente. Para superar este período, muchas langostas y muchos otros artrópodos son de pequeño tamaño, de modo que sea innecesaria una muda frecuente. Hay insectos que nunca mudan sus esqueletos exteriores; una vez han pasado la etapa de crisálida sin esqueleto, no crecen más.

Es precisamente el esqueleto interno el que permite a los vertebrados crecer permaneciendo activos y en plena eficacia. No tienen que temer un peligroso período de muda. Los huesos del interior de su cuerpo no desaparecen periódicamente, sino que siguen creciendo en completo acuerdo con el resto del cuerpo.

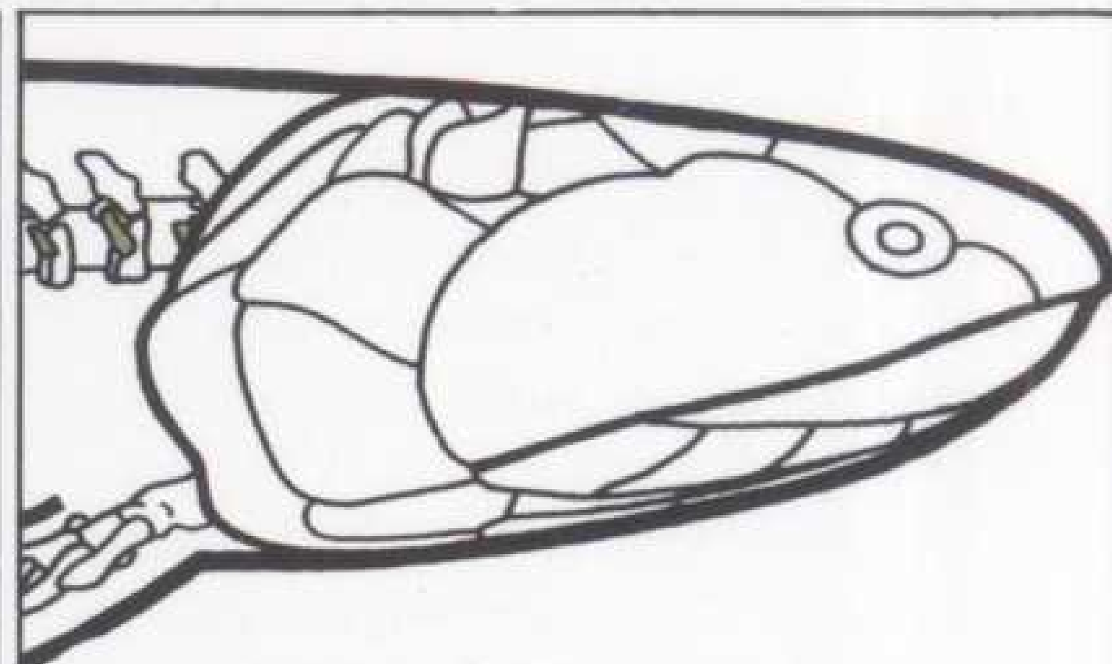
El primer animal que tuvo una forma estructural tan valiosa fue probablemente un pez primitivo, semejante a la moderna lanceta, o amphioxus, un animalito que vive en aguas marinas poco profundas y que se asemeja a un pequeño y translúcido foxino. Sin embargo, es muchísimo más simple que un foxino. No tiene mandíbulas, ni dientes, ni aletas emparejadas, ni espinas. No persigue sus presas como hacen los foxinos. Es simplemente un filtro alimentador, como una almeja que pasa la mayor parte del tiempo enterrándose a sí misma en la arena o en el

Evolución de la espina dorsal

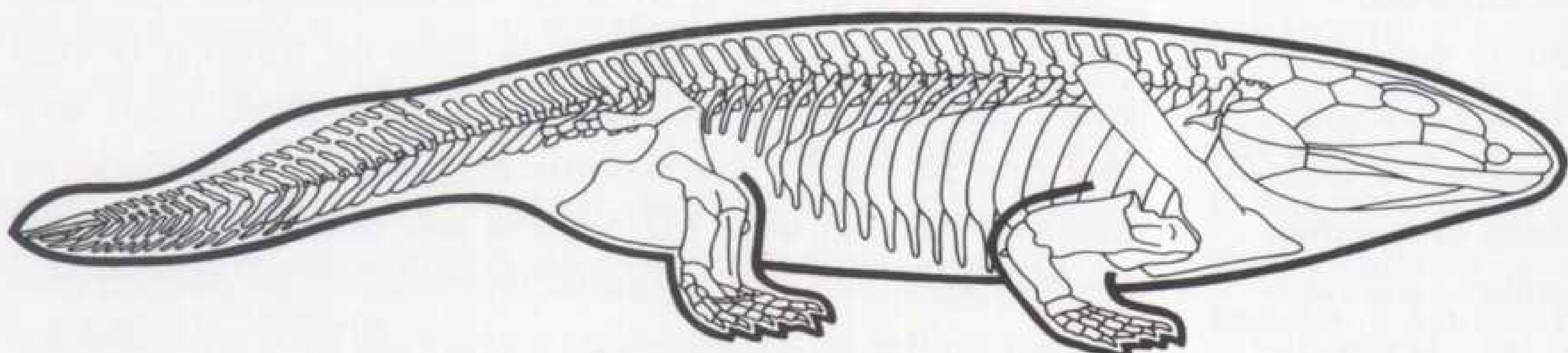
Desde la simple estructura que poseía un pez prehistórico hasta el complejo instrumento que es en el hombre moderno, la espina dorsal ha evolucionado para soportar el cuerpo y la cabeza y contribuir a los más complicados movimientos.



Una columna vertebral indiferenciada era patrimonio de un eusthenopteron, un pez con huesos muy primitivo que vivía hace 375 millones de años. Sus vértebras, todas iguales, iban unidas a costillas.



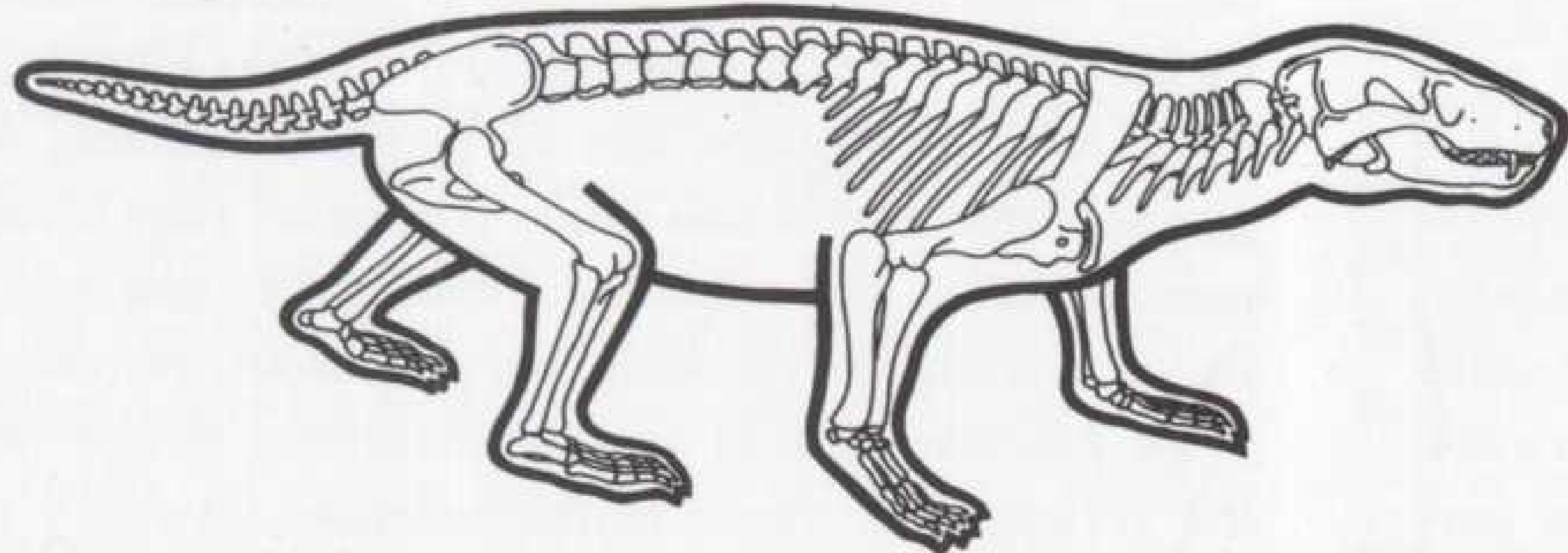
Las costillas uniformes (de color verde oliva) del eusthenopteron le permitían moverse lateralmente.



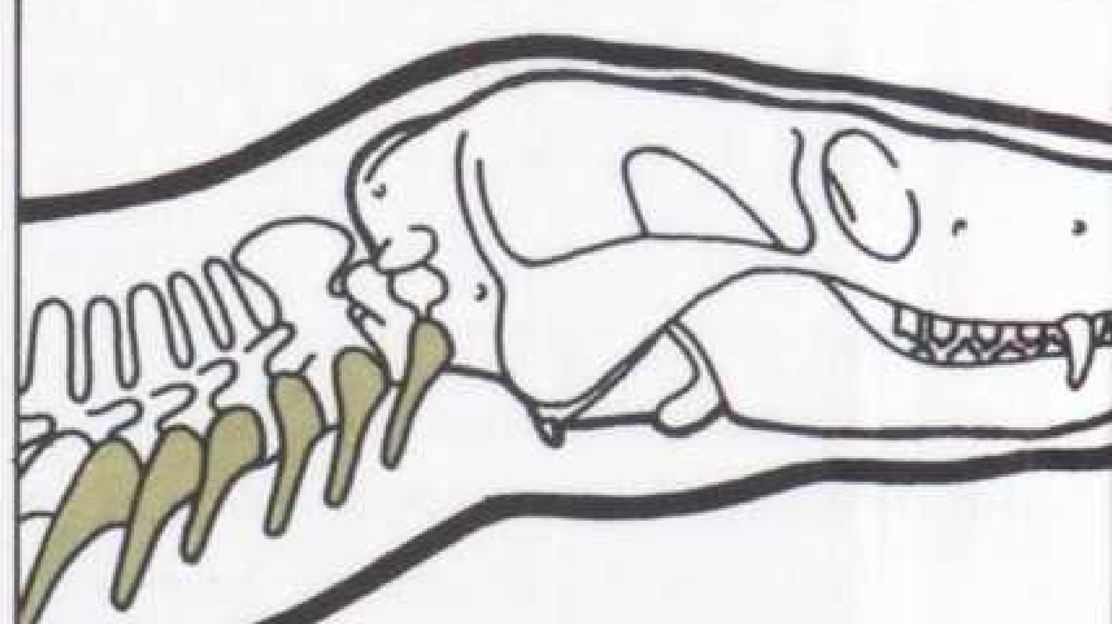
Los anfibios ichthyostega poseían una espina dorsal más robusta que la del eusthenopteron, debido a que en la tierra no existía la posibilidad de flotación que hay en el agua, que ayuda a sostener el peso del cuerpo.



Las grandes costillas del ichthyostega debían de permitirle levantar su cabeza por encima del suelo.



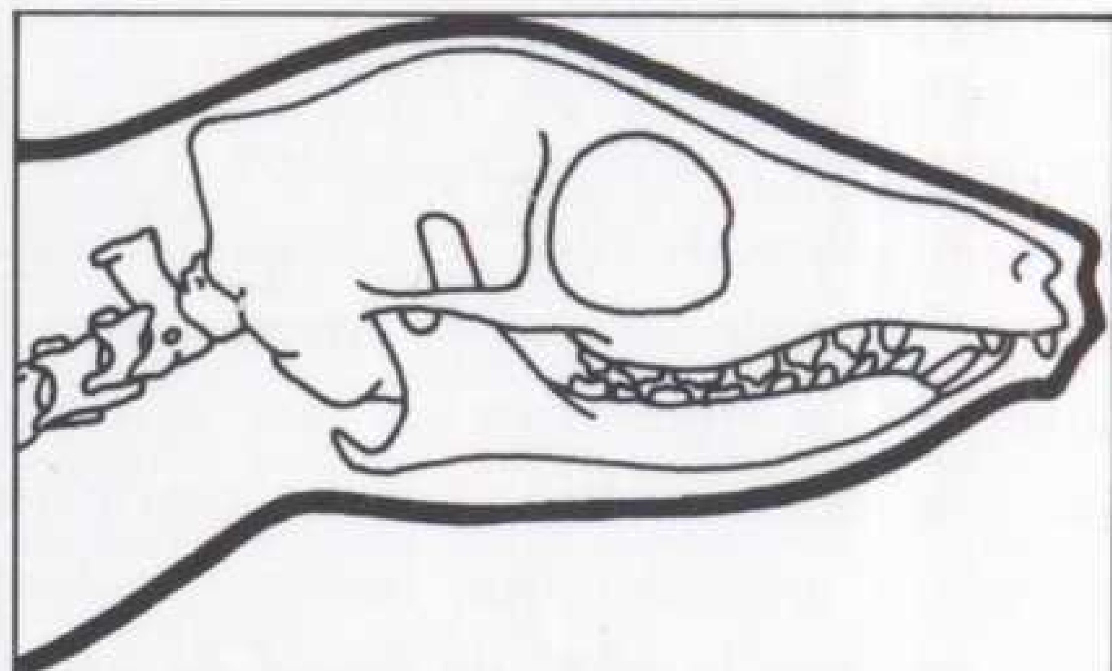
Las vértebras del reptil trinaxodon estaban dispuestas aún más juntas que las del ichthyostega y tenían formas y tamaños especializados: grandes cerca de las patas y más pequeñas en la cola.



Las costillas del cuello del trinaxodon eran mucho más cortas y podía mover mejor la cabeza.

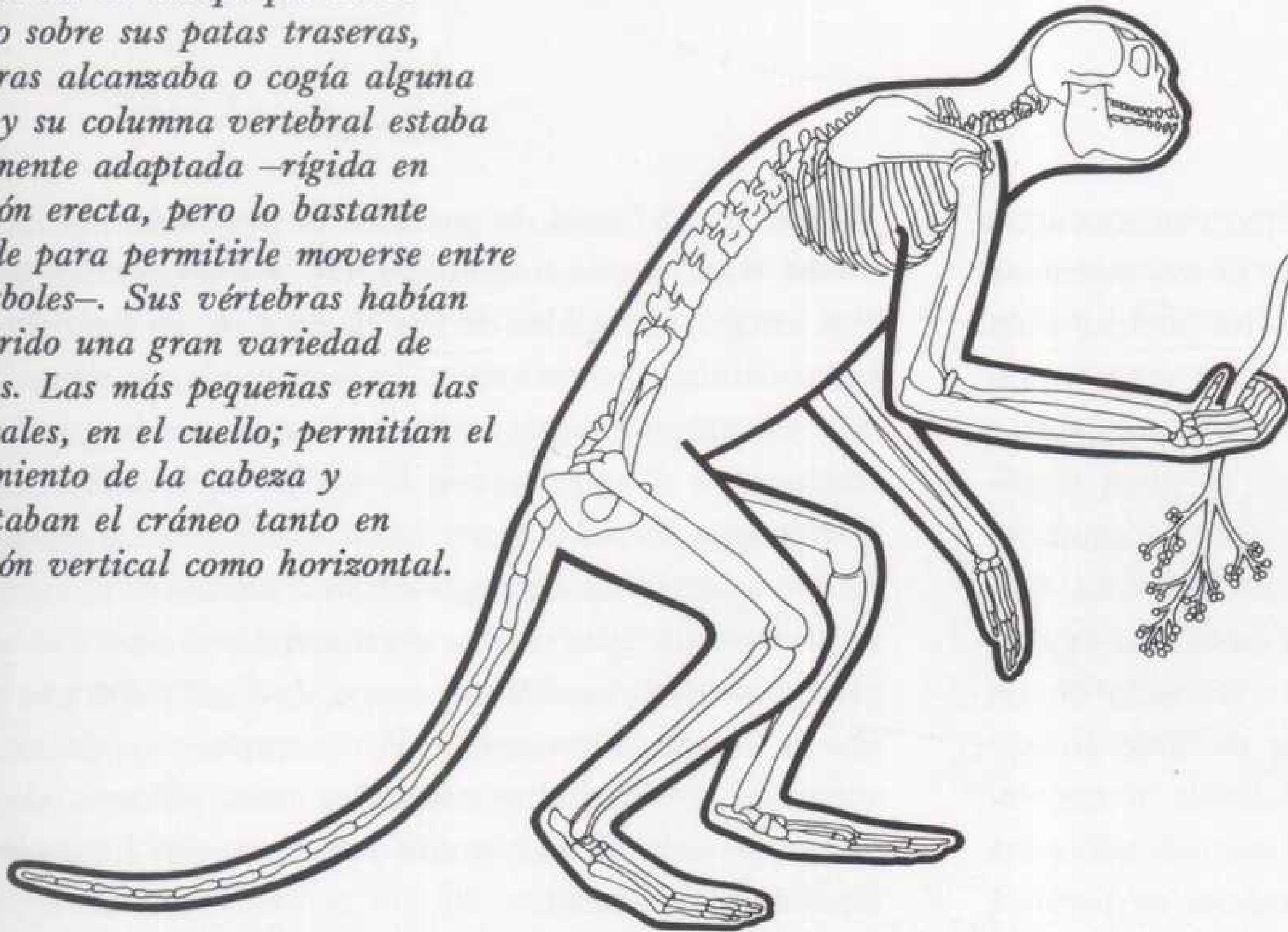


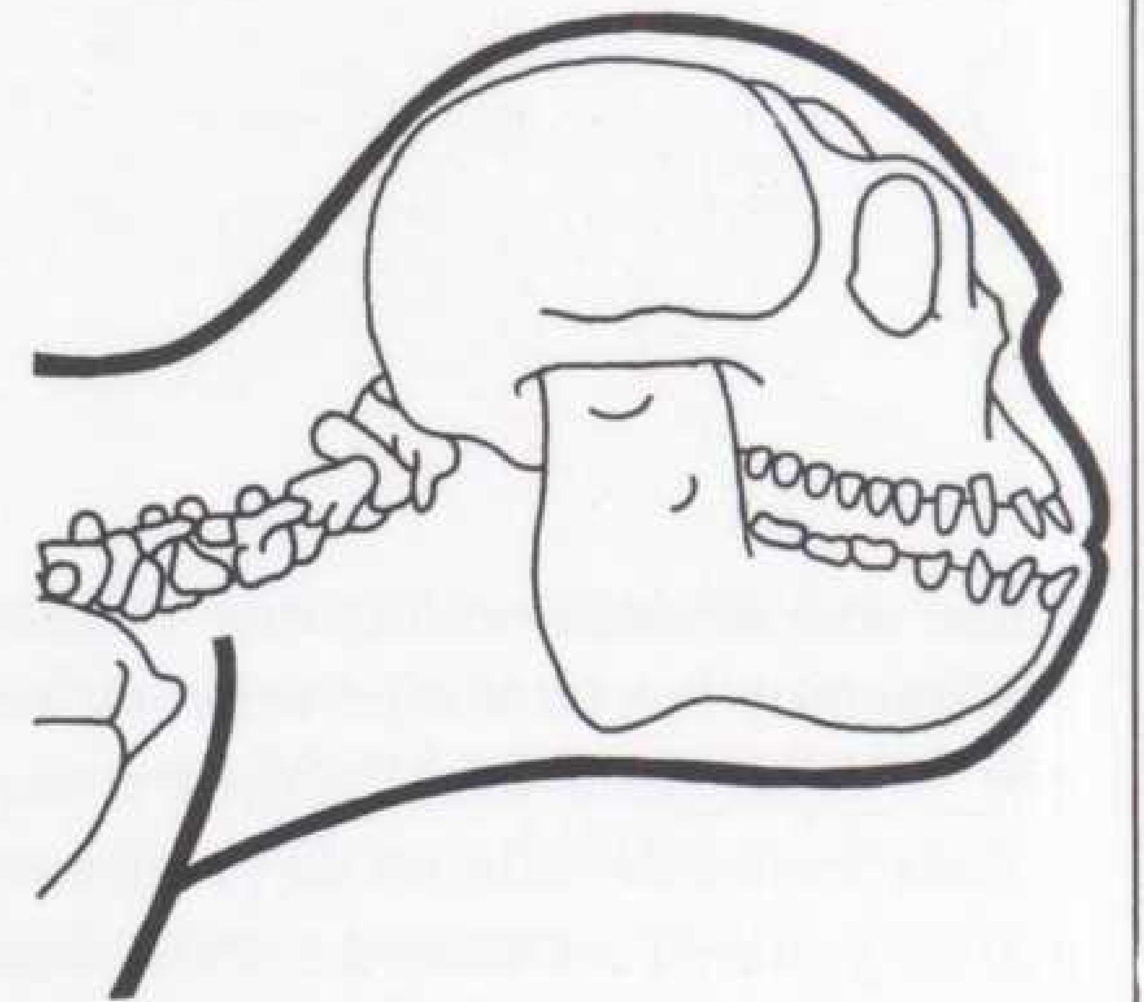
La musaraña actual, muy semejante a los primitivos mamíferos, ya extinguidos, se mueve por el suelo con la misma facilidad que trepa por los árboles, arqueando y extendiendo su columna vertebral a medida que anda.



El flexible cuello de la musaraña arborícola se debe en parte a la disminución de sus costillas.

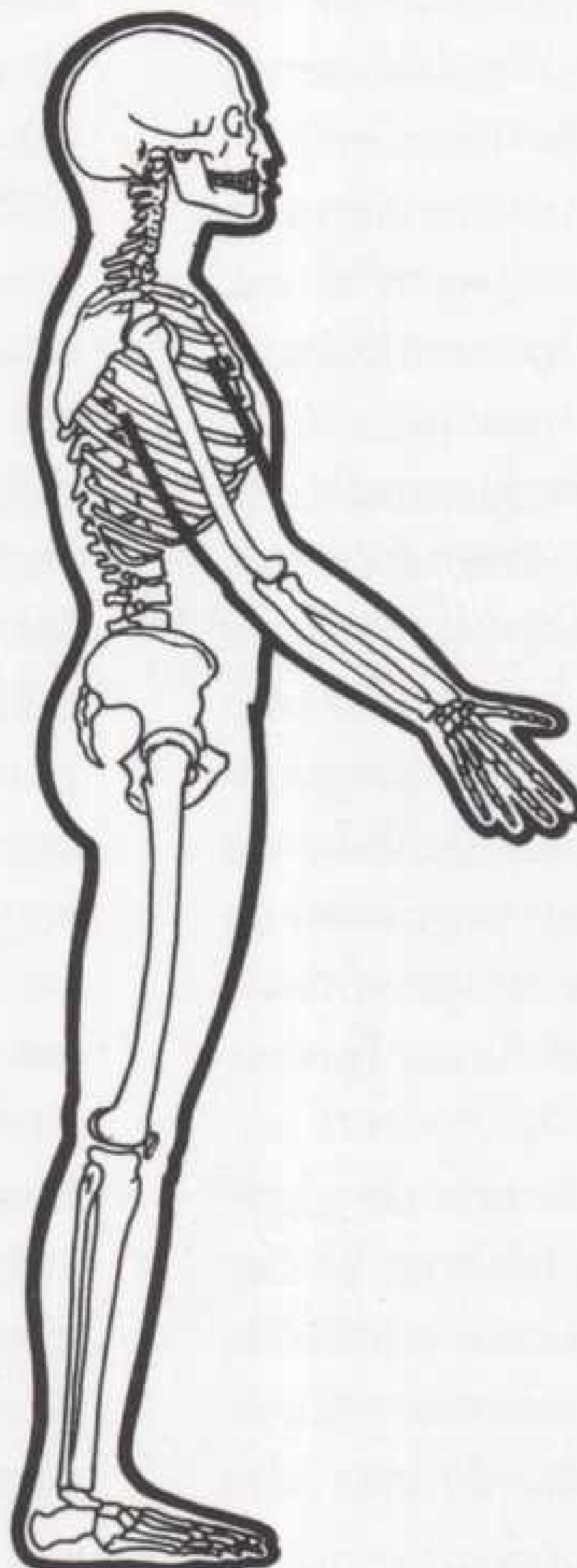
Aunque fundamentalmente fuese un cuadrúpedo, el antiguo primate, denominado mesopithecus, era capaz de soportar su cuerpo por breve tiempo sobre sus patas traseras, mientras alcanzaba o cogía alguna cosa, y su columna vertebral estaba igualmente adaptada –rígida en posición erecta, pero lo bastante flexible para permitirle moverse entre los árboles–. Sus vértebras habían adquirido una gran variedad de formas. Las más pequeñas eran las cervicales, en el cuello; permitían el movimiento de la cabeza y soportaban el cráneo tanto en posición vertical como horizontal.

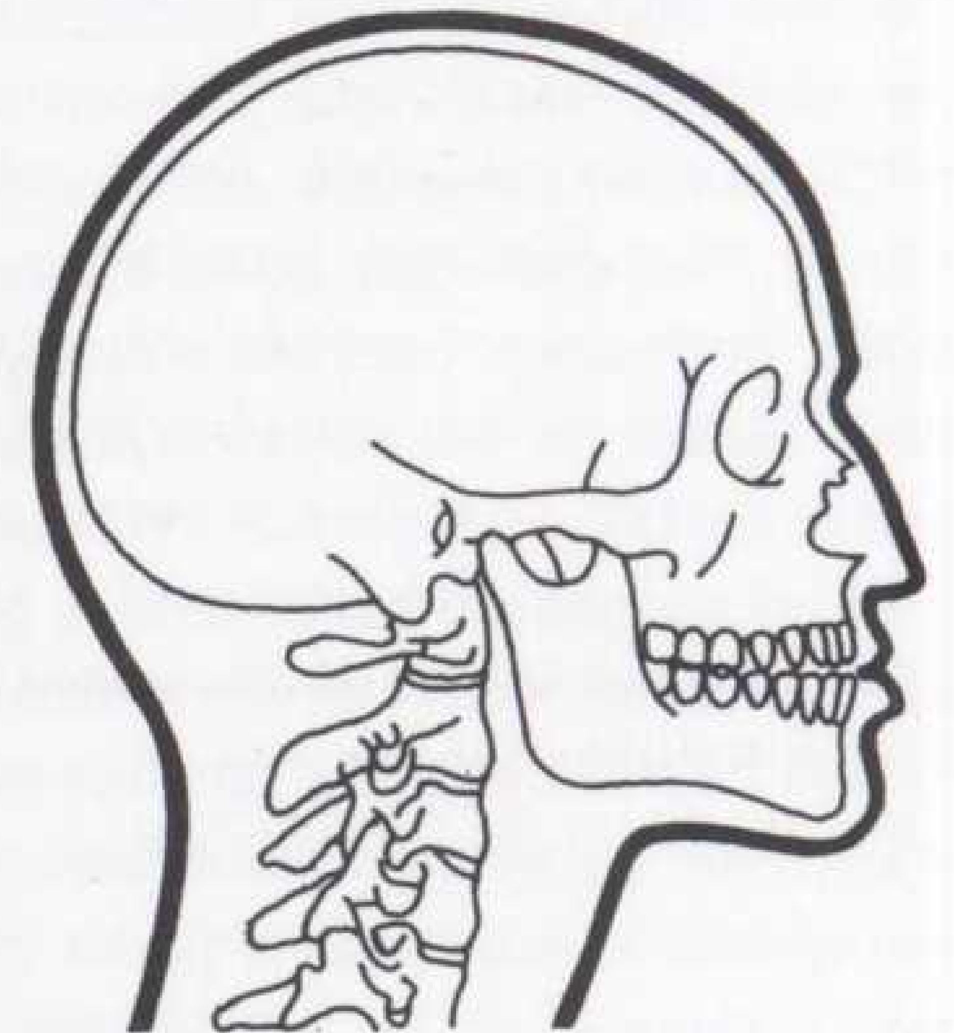




El movimiento de la cabeza del mesopithecus dependía en parte del complejo "atlas-axis" de dos vértebras del cuello. La de arriba, llamada atlas, hacía posible mover la cabeza hacia arriba y hacia abajo, por lo que también es conocido como "hueso del sí*". El axis permitía que la cabeza hiciese los movimientos hacia los lados –de aquí que también se le llame "hueso del* no*".*

Para proporcionar soporte a la postura erguida, bípeda, del hombre, las vértebras de su espina dorsal están fuertemente encajadas unas en otras en una flexible columna vertical. Las vértebras son cada vez más macizas desde la parte alta hacia abajo, donde el peso del cuerpo es transmitido a las piernas. La estructura y solidez de la columna vertebral no sólo han de soportar la mayor parte del peso del hombre, sino que han de permitirle, por su flexibilidad, balancearse sobre dos piernas. Este tipo de mecanismo no siempre alcanza el éxito; las vértebras del hombre están separadas por unos discos que se dañan fácilmente y el dolor de espalda es bastante común.





La posición erecta del hombre le ha proporcionado además una posición de la cabeza que, en relación con su espina, es bastante distinta a la de la posición de la cabeza en los primates semierectos. Así la cabeza del hombre se balancea en la parte superior de su espina dorsal completamente erecta, y allí permanece, mientras el hombre mueve libremente su cuello desprovisto de costillas.

fango con su extremo superior asomado para tomar agua y alimento; la comida es retenida en su boca, mientras que el agua pasa hacia afuera a través de hendiduras.

Esta forma de vida no es precisamente la propia de un activo y móvil vertebrado. Pero dentro de su perezoso cuerpecillo la lanceta posee características de gran significado dentro de la evolución. Entre ellas está un paquete de nervios, equivalente a la médula espinal humana, que corre a lo largo de su espalda y que se ensancha ligeramente en la parte superior de su cuerpo a modo de un rudimentario cerebro. Justamente debajo de este ensanchamiento hay una estructura fibrosa parecida a una varilla, que permite a la lanceta inclinar su cuerpo hacia los lados, pero le impide encogerse. Precisamente en torno a este órgano se desarrolló la columna vertebral hace millones de años. Su nombre técnico es notocorda.

El hombre debe a los peces no sólo los huesos de su columna vertebral, sino también otros huesos que se relacionan con ésta y que parecen ser simples excrecencias de la misma; tales son las mandíbulas, los dientes y el cráneo. Sin embargo, estos huesos no se desarrollaron a partir de huesos interiores de alguna primitiva criatura, sino, siguiendo los extraños designios de la evolución, a partir de las estructuras externas de un pez primitivo.

El cráneo parece haber sido lo primero en desarrollarse. En el hombre, como en los animales superiores, el cráneo es una caja constituida por huesos robustos, encajada en el extremo superior de la columna dorsal, como si el uno se hubiese desarrollado a partir de la otra; pero originalmente algunos de los huesos del cráneo eran láminas de la armadura externa, que protegía el cerebro primitivo de un pez parecido al *acanthodian.* En los peces primitivos estas láminas se fueron cubriendo con piel hasta formar la estructura interna de la cabeza.

En el transcurso de la evolución, la notocorda de alguna criatura, presumiblemente parecida a la lanceta, se fue rodeando de una serie de segmentos de hueso, adosados unos a otros, que se fueron haciendo más fuertes y finalmente la reemplazaron. El propósito original de esta elaborada pieza fue el de permitir al pez nadar de modo más eficaz. Los peces nadan gracias a los grandes músculos que cubren cada uno de los flancos de su cuerpo; cuando los músculos se contraen, en secuencia coordinada, inclinan el cuerpo en una serie de ondulaciones que lo impulsan contra el agua, y con la ayuda de la aleta de la cola, que golpea hacia atrás y hacia adelante. La gran ventaja de la espina es que proporciona a los músculos nadadores algo con que apoyarse y permite al pez ondular sin comprimir o distorsionar el cuerpo, lo cual reduciría la eficacia de la acción natatoria. Por la espina los peces se convirtieron en nadadores mucho más eficaces de lo que hubiesen sido de otro modo y les capacitó finalmente para dominar los mares.

Cuando en el período Silúrico los peces comenzaron a aparecer en número creciente, parece que vivían en lagunajos y corrientes de aguas frescas, absorbiendo el alimento del fondo fangoso a través de su boca desprovista de dientes y mandíbulas. La boca carecía de utilidad contra los grandes escorpiones de agua y contra otros animales depredadores de aquella época. Antes de que los peces se convirtiesen a su vez en depredadores, junto con criaturas muy pequeñas, necesitaron mandíbulas y dientes que pudieran desgarrar y morder. Cuando esto sucedió, los peces adquirieron a cada lado de sus gargantas series de barras óseas emparejadas, en forma de V, con las puntas dirigidas hacia atrás. La finalidad de tales barras era ofrecer soporte a las agallas, que el pez utilizaba para respirar y probablemente para tamizar el alimento que extraía del agua; a medida que los peces evolucionaron, los dos primeros pares de barras desaparecieron, y probablemente el tercer par se hizo más grande, adquirió un gozne en la punta de la V y se hizo flexible, convirtiéndose en mandíbulas óseas que prefiguraban las del hombre y otros grandes vertebrados.

Las mandíbulas carecen en general de utilidad si no están provistas de dientes. Sorprendentemente, éstos no se desarrollaron, como podría suponerse, a partir de las mandíbulas óseas de los antiguos peces, sino de las agudas

puntas, o dentículos, que cubrían su piel. (Actualmente, los tiburones tienen todavía dentículos, los cuales hacen que su piel sea semejante al papel de lija.) Al igual que sucede con el tiburón, los dentículos de la piel, a lo largo de los bordes de los recientemente desarrollados huesos de las mandíbulas de los peces primitivos, se componían principalmente de dentina, la sustancia básica que forma los dientes. Aparentemente estas puntas se fueron haciendo cada vez más grandes, hasta convertirse en dientes verdaderos, tan efectivos como cuchillos, perfectos para cortar comida y desmenuzarla. Más tarde, con la aparición de los reptiles con rasgos de mamíferos en el período Pérmico, los huesos dentarios, o mandíbulas provistas de dientes, se convirtieron en los mayores de los siete huesos de la mandíbula típica de los reptiles, y en cierto modo prefiguraban el hueso único y curvado que constituye la mandíbula inferior del hombre y de los demás mamíferos. La deuda que tiene el hombre, en cuanto a sus miembros capaces de caminar por la tierra, respecto de las aletas del pez primitivo que nadaba en el agua, es más obvia que la del origen de su cráneo, dientes y mandíbulas. Nadie, al contemplar un pez, puede imaginárselo derecho, sobre sus aletas delanteras a modo de brazos rudimentarios, de modo semejante a lo que sucede en los peces antropomorfizados de los dibujos animados. A partir de las aletas de tales peces "verticales" puede parecer que había sólo unos pocos pasos para llegar a los brazos y las piernas de un hombre –sólo con alargar un poco los huesos y añadir un par de articulaciones–.

Sin embargo, tales transformaciones pueden suceder en las películas, pero no así en el mundo real. Si un pez primitivo hubiese podido ponerse erecto sobre su cola, los huesos de sus aletas (igual que en un pez actual) se habrían dirigido hacia los lados, en un ángulo tal que no hubiesen podido sostener erecto el cuerpo del pez –y dado el lugar en que las uñas de los dedos de los pies tenían que acabar por desarrollarse, éstas habrían estado dirigidas hacia atrás, y no hacia adelante–. Antes de que las aletas de los peces pudiesen convertirse en brazos humanos, piernas y pies, tenían que producirse algunas de las más extraordinarias alteraciones de la historia de la evolución *(dibujo de la página 106)*. Los huesos de las aletas, cortos y relativamente anchos y rígidos, se alargaron y estrecharon, se multiplicaron y se juntaron. Se desarrollaron huesos planos, como los de la pelvis y los hombros, que podían servir de base para los músculos y de soporte y articulación entre los miembros y la espina dorsal. Pero lo más extraño es que las estructuras de los huesos que debían convertirse en los dedos humanos tuvieron finalmente que cambiar de dirección; por el tiempo en que se inició la evolución humana, aquellos huesos habían girado casi 90° desde su orientación original, de modo que los pies apuntaban hacia adelante y quedaban bajo el cuerpo para poder soportar su peso al caminar, mientras que los brazos colgaban libremente a los lados, capaces de adoptar casi cualquier posición.

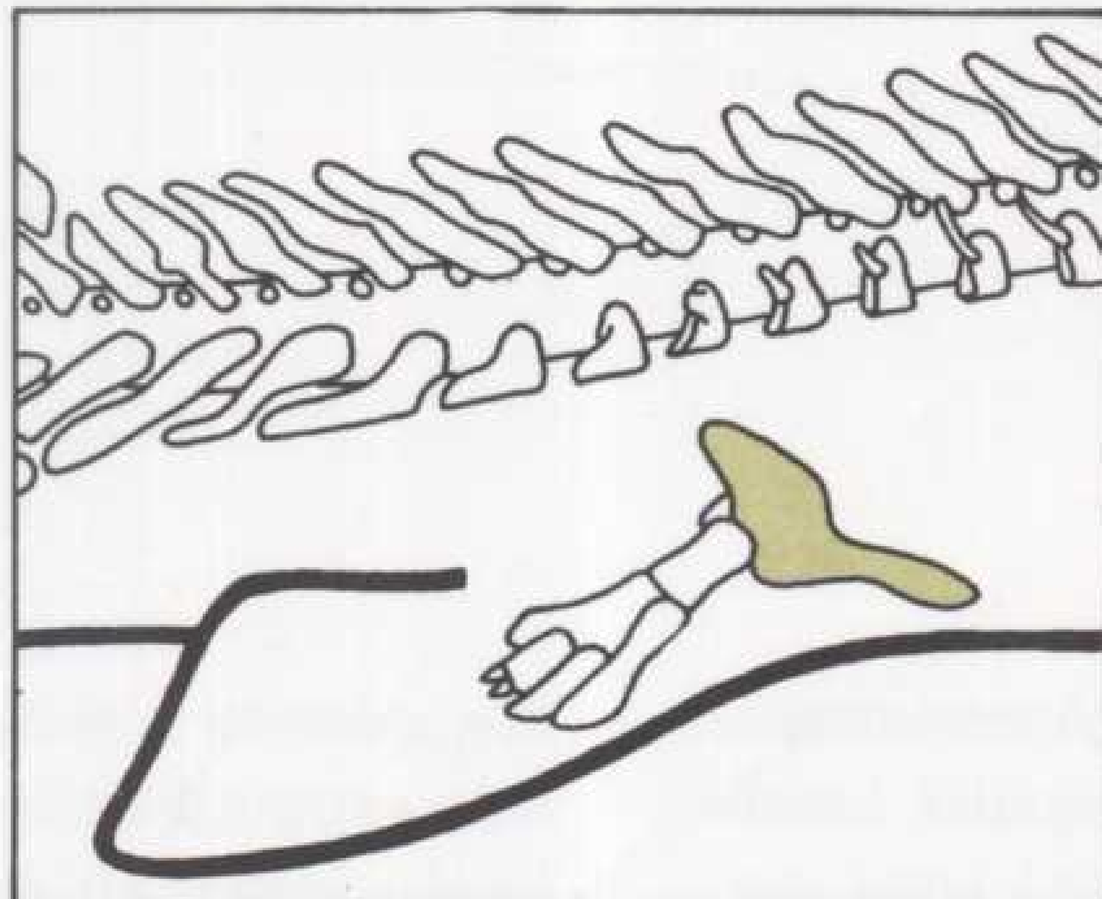
El proceso de evolución de los miembros se inició hace unos 400 millones de años. Al comienzo del período Devónico, en la Edad de los Peces, algunos peces adquirieron dos pares de aletas carnosas y movibles para controlar la natación. En la mayoría de los casos, estas aletas eran meras ayudas o contrapesos, no podían servir de remos eficaces. Las aletas traseras acababan en una pequeña lámina ósea no unida a la espina del pez; sin un firme soporte estas aletas no tenían nada contra lo que ejercer empuje, y por tanto no podían ejercer una apreciable fuerza natatoria. Las aletas delanteras, por su parte, estaban firmemente sujetas, pero su conexión era demasiado rígida; sólo permitían un movimiento limitado.

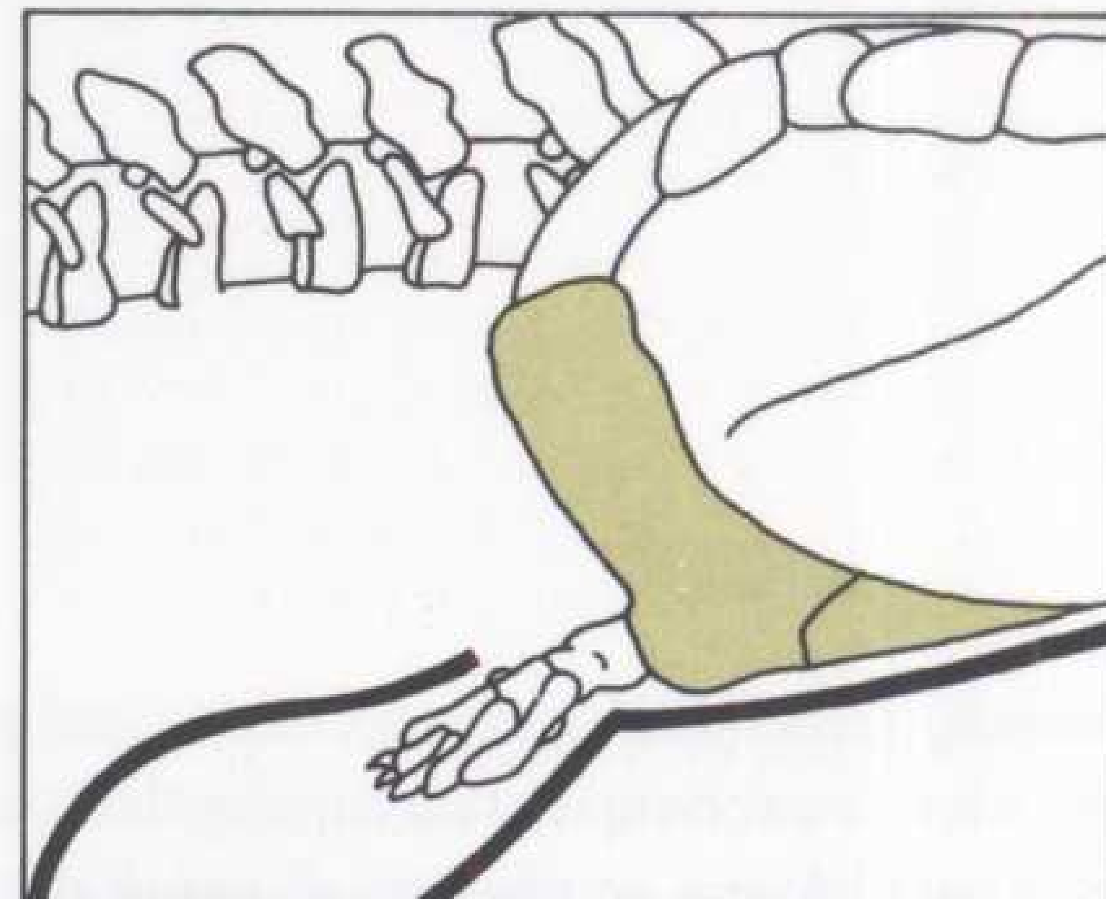
Mas entre estos peces primitivos había un grupo, conocido como crosopterigios, o peces con aletas lobuladas; sus aletas desarrollaron músculos más fuertes y una serie de huesos internos unidos. Sobre estas robustas aletas los peces de aletas lobuladas podían serpentear lentamente sobre el fango apoyándose en sus aletas-patas en tiempo de sequía y arrastrarse a lo largo del lecho de un río en vías de desecación en busca de algún pozo o lagunajo que todavía conservase un poco de agua. Un pez fósil

Nuestras piernas fueron aletas

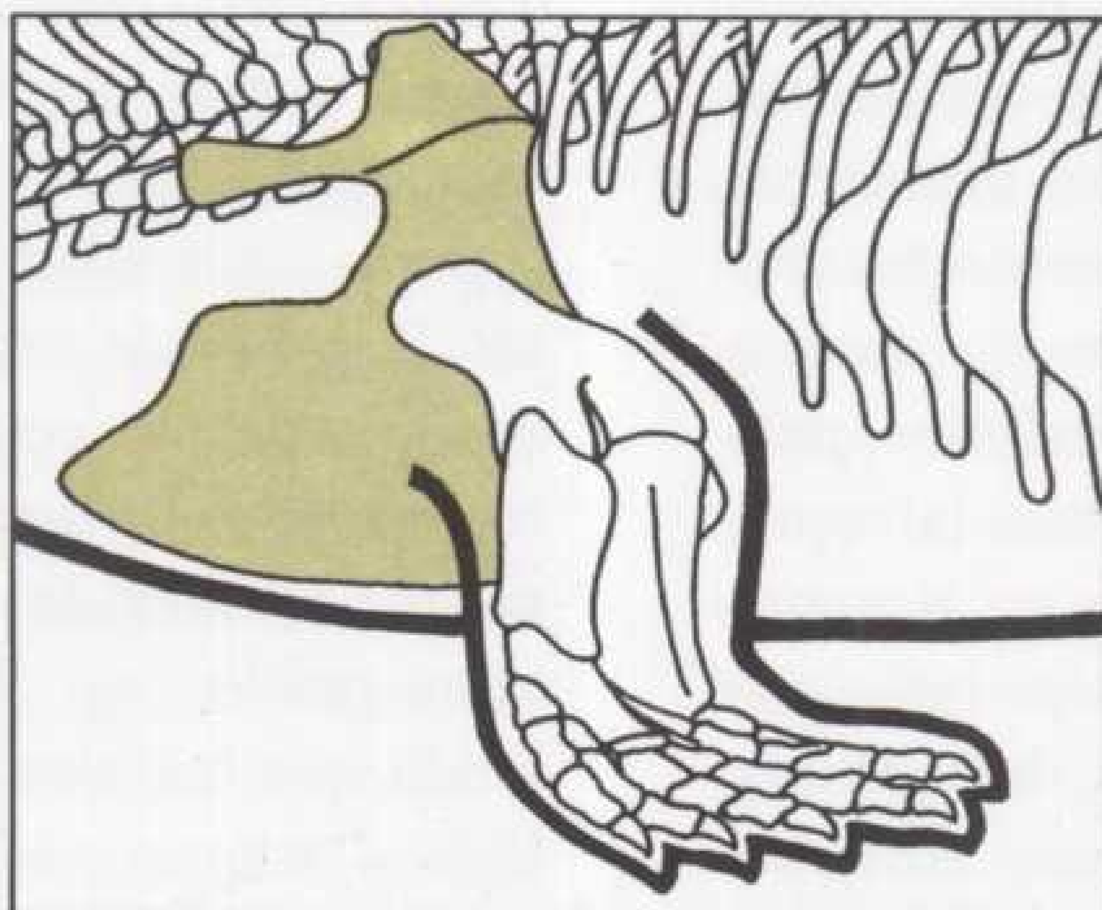
La incomparable habilidad del hombre para caminar sobre dos pies y manipular con dos manos es herencia de múltiples cambios que han transformado los huesos de las aletas a fin de responder a nuevas demandas.

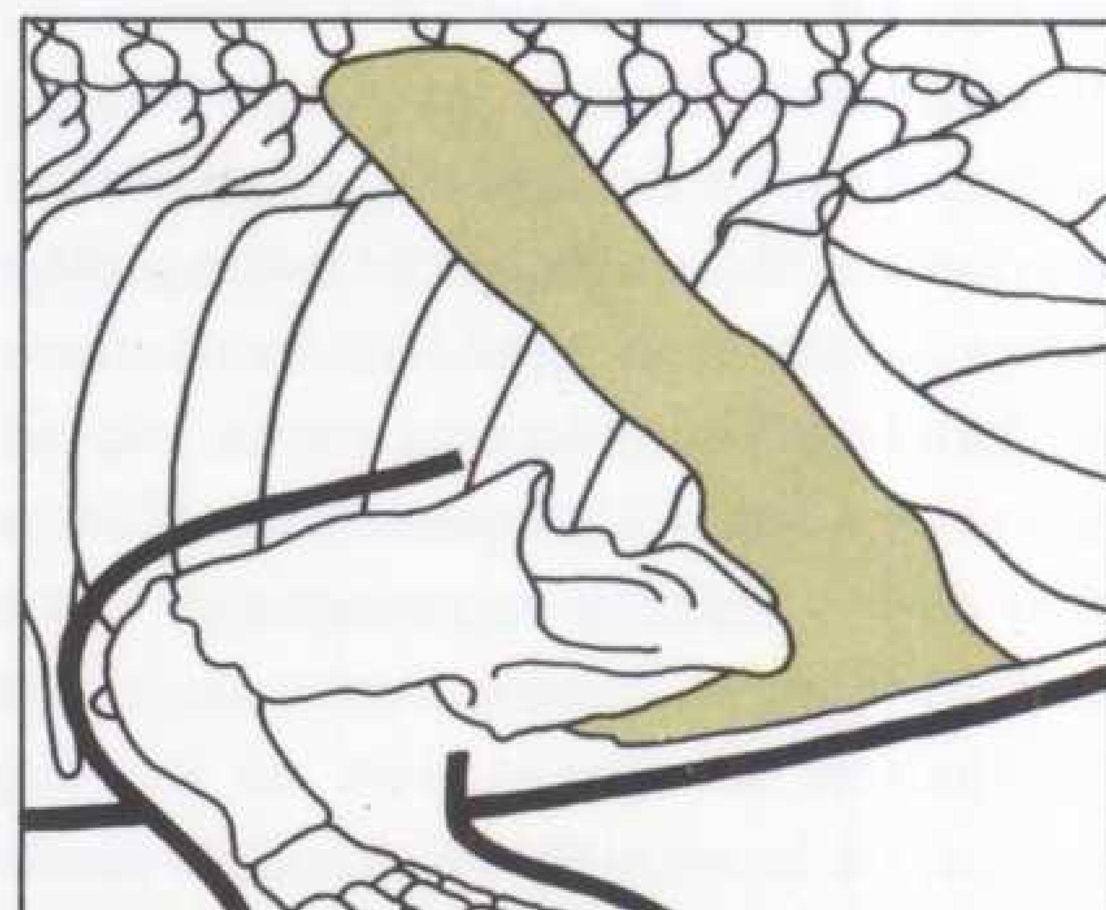
Los primitivos precursores de piernas y brazos, tales como las aletas del eusthenopteron, permitían a los peces primitivos cierto balanceo, pero no servían mucho para la propulsión. Cada aleta trasera (primer cuadro a la derecha) estaba sujeta a una pelvis (color verde oliva), pero el hueso de la pelvis no estaba unido a la espina y las aletas no tenían un soporte contra el que empujar.



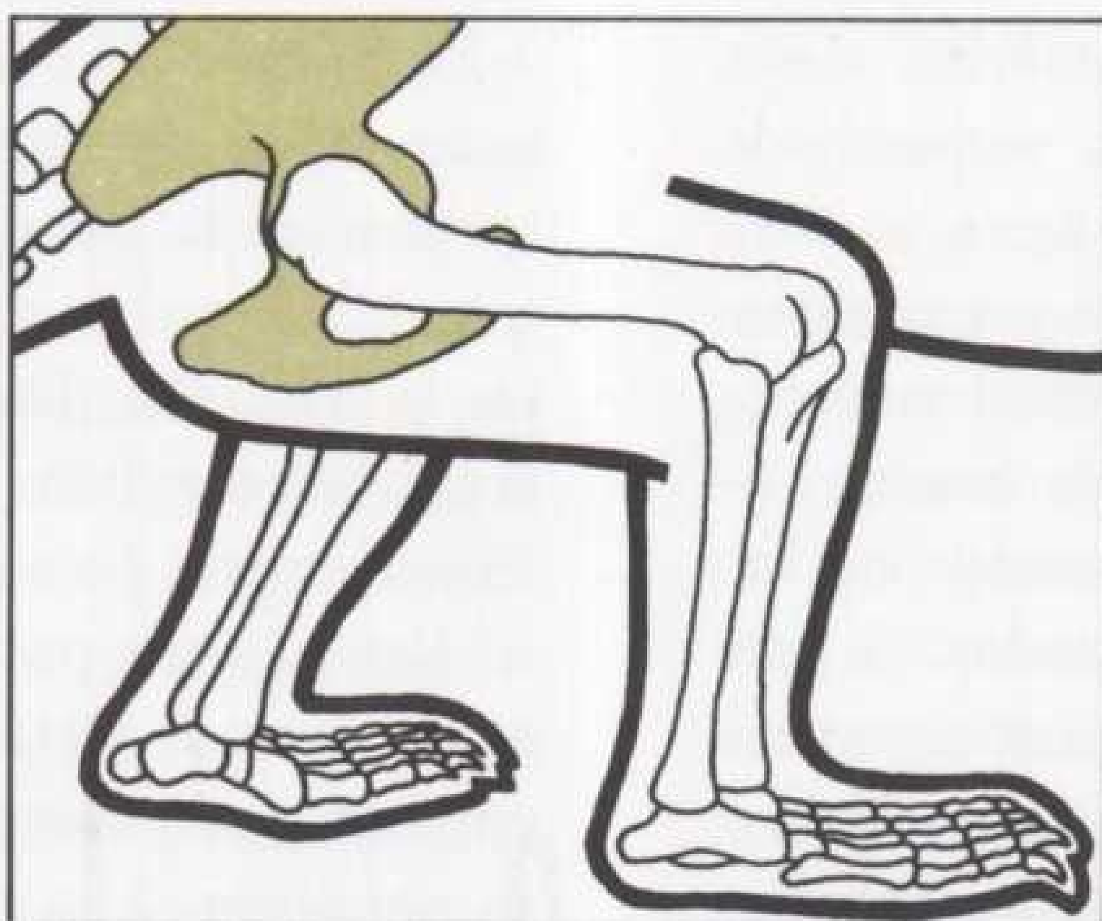


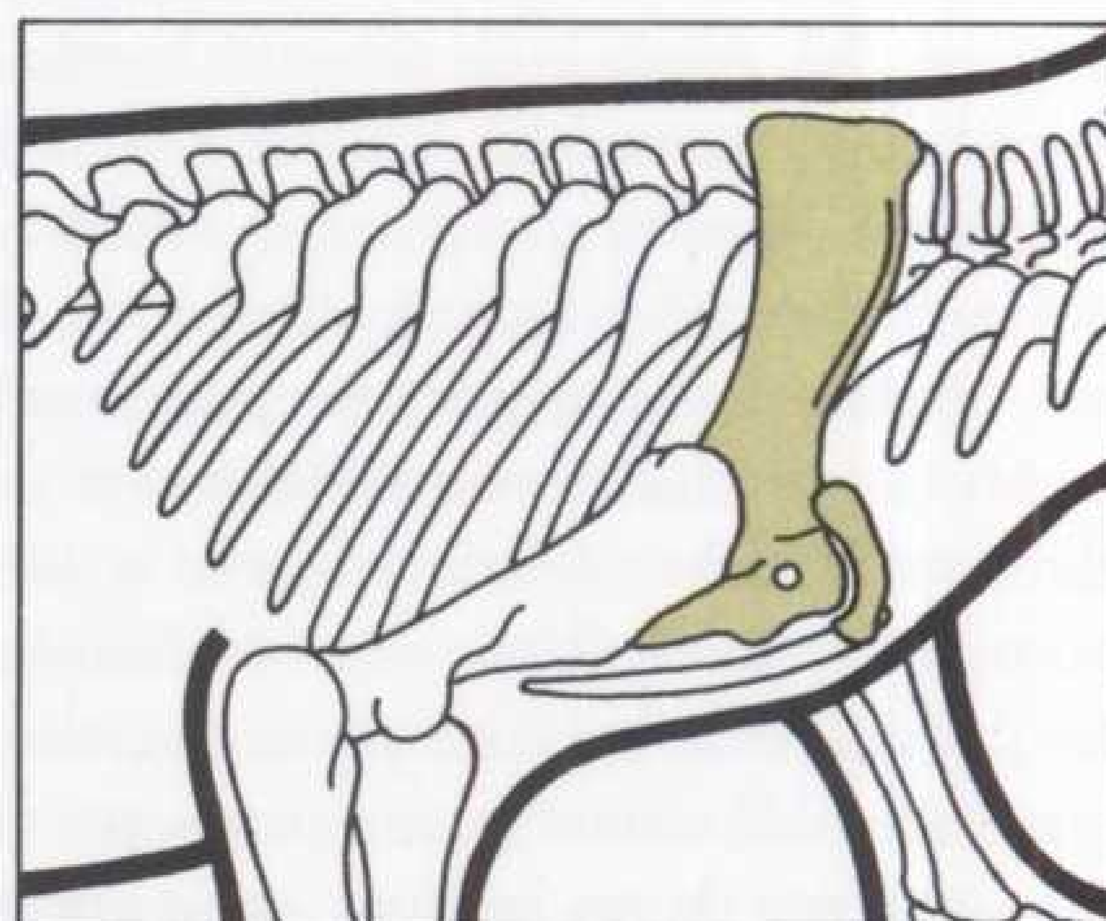
En los primitivos anfibios, como el ichthyostega, las antiguas aletas se deslizaron a los lados y se convirtieron en patas parecidas a remos, que les permitían nadar. Las patas traseras estaban unidas por una cintura pelviana, la columna, lo que proporcionaba el anclaje que permitía el movimiento hacia adelante. Su cintura escapular les daba una mayor movilidad.



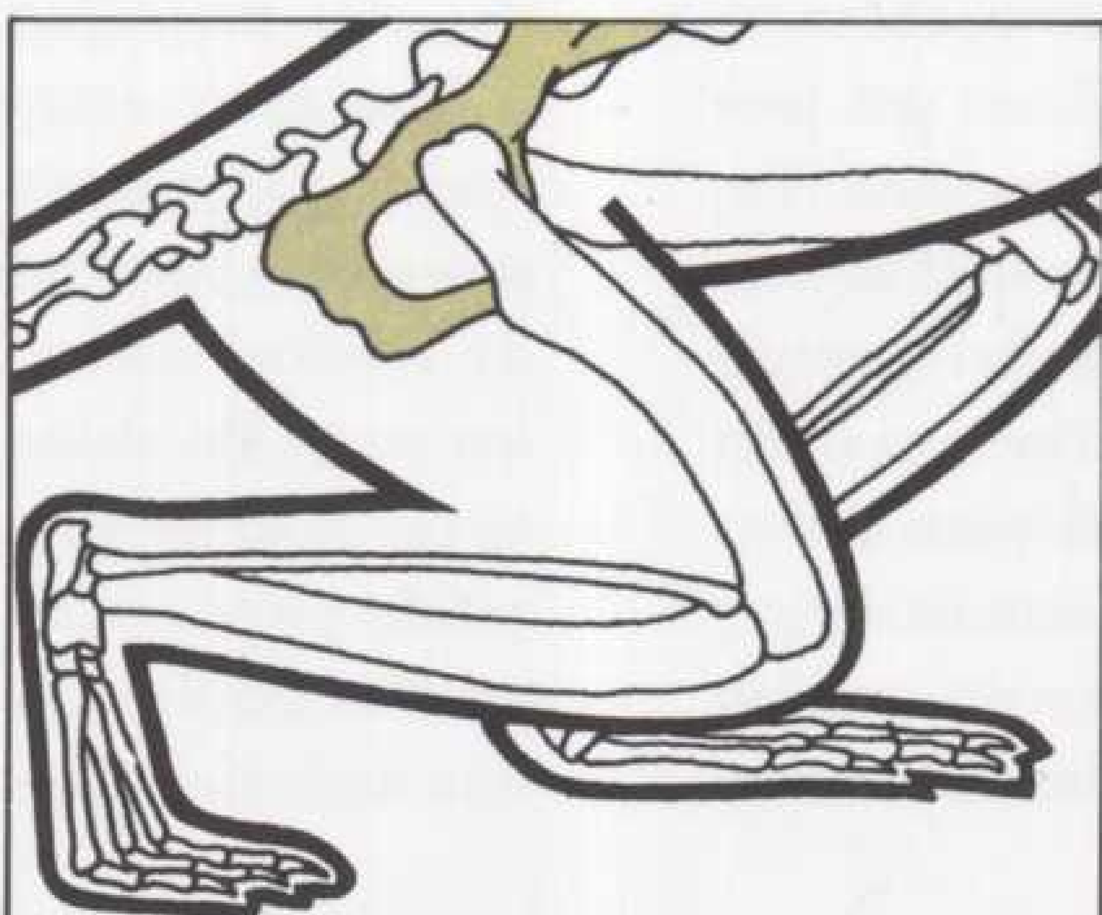


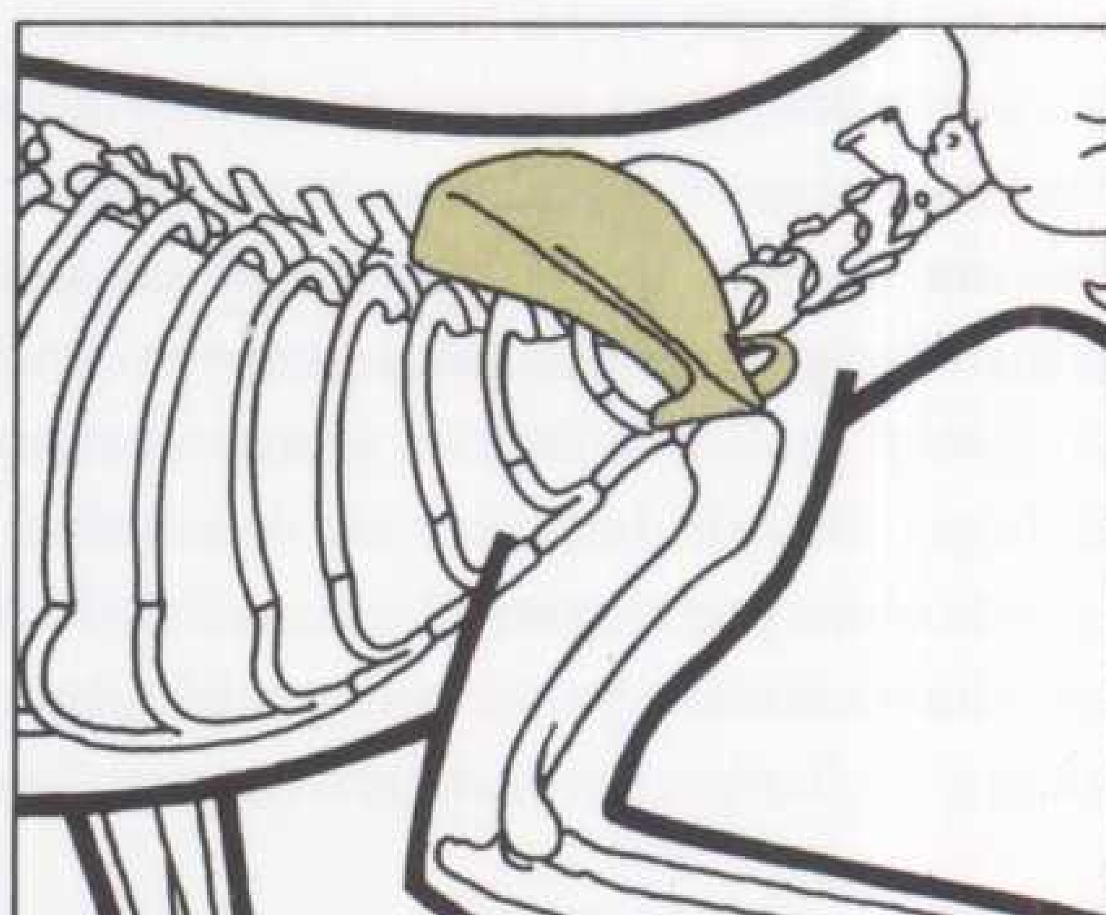
El trinaxodon, un reptil semejante a los mamíferos, caminaba con agilidad. La amplia unión de la cintura pelviana a la espina proporcionó una base mayor para una pata trasera más poderosa. La cintura escapular se hizo más ligera y aumentó la movilidad de la pata delantera. Las patas se desplazaron desde la posición lateral de los anfibios hasta la de los mamíferos.





Los huesos de la pelvis de las actuales musarañas arborícolas son estrechos y alargados, con dispositivos musculares que facultan a las patas traseras para una vida terrestre y arbórea muy ágil. Un collar de huesos une la cintura escapular (ambos en color verde) al esternón tan sólo en un punto, lo que capacita al animal para girar el hombro y levantar la pata delantera.



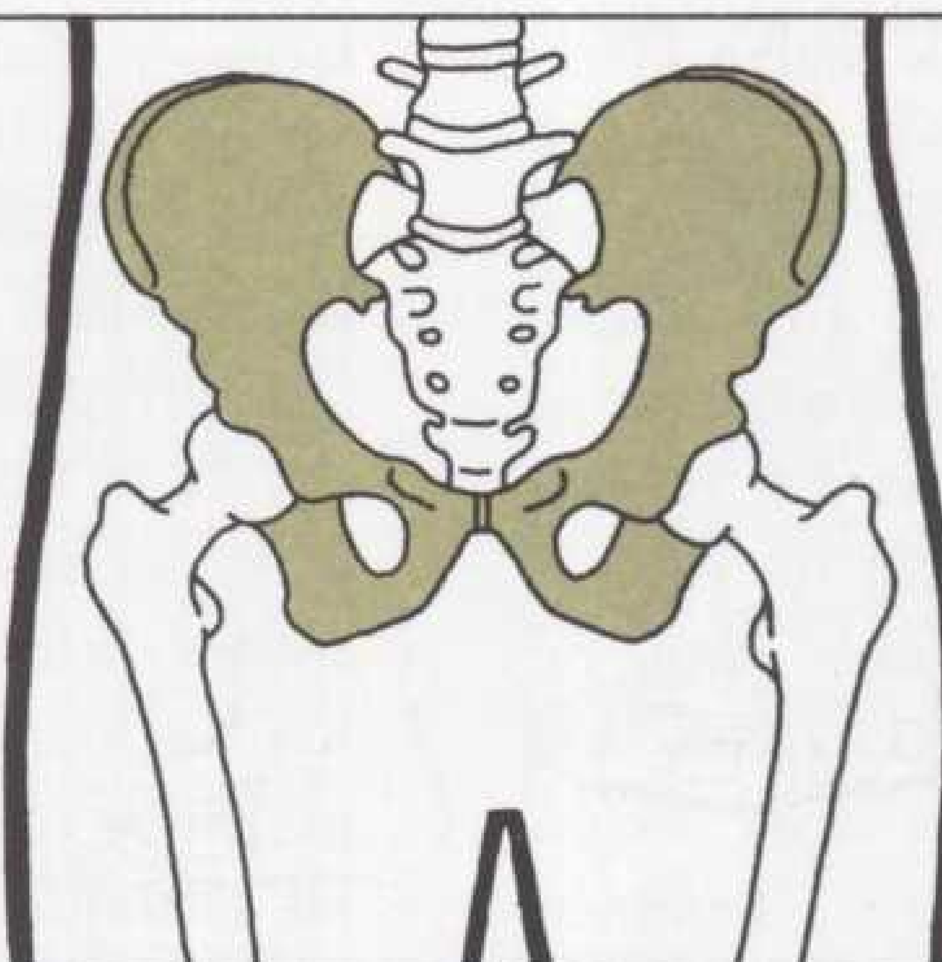


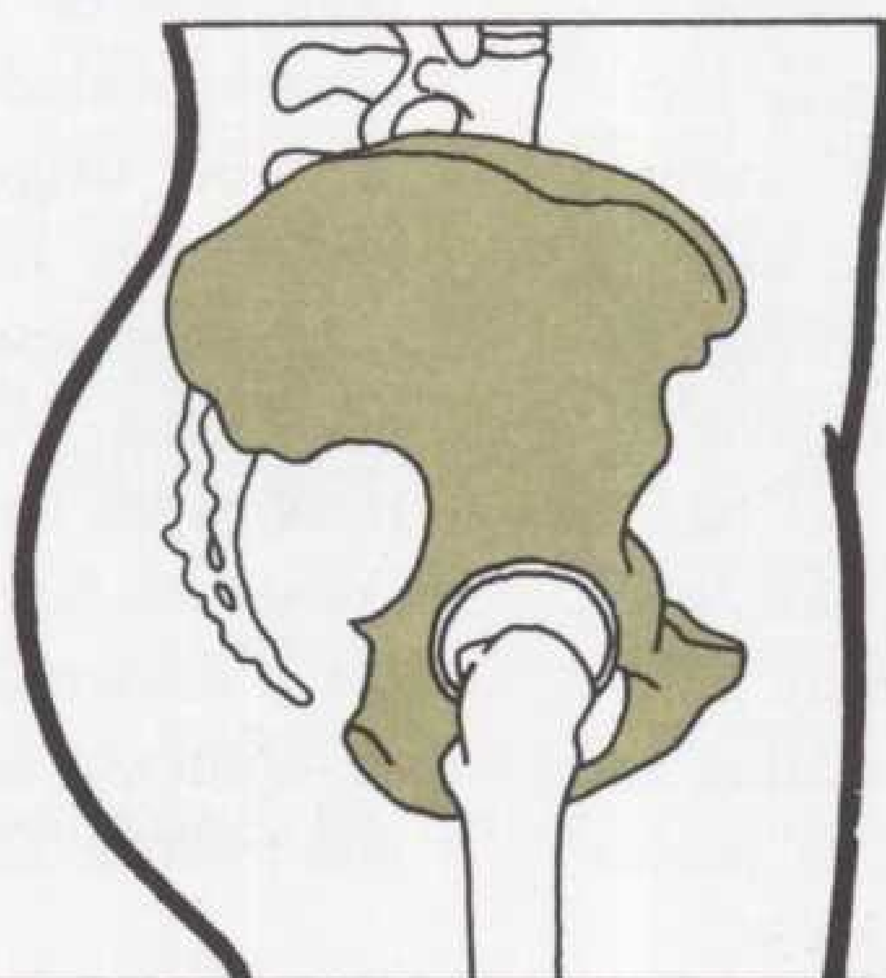
El primitivo primate denominado mesopithecus tenía las patas perfectamente dispuestas para la andadura de los cuadrúpedos –largas y colocadas casi directamente bajo el tronco–. La pelvis se extendía hacia adelante a lo largo de la espina dorsal y los muslos adquirían mayor movilidad, debido a la disposición de los músculos, que estaban unidos a la columna y también debido a que las uniones de los hombros estaban muy desarrolladas.





El esquema del modo de caminar del hombre, del que no existe parangón posible entre los demás animales, depende de la especial estructura de sus huesos. La pelvis tiene dos partes, que aquí son presentadas en una vista de frente (arriba) y otra de lado, las cuales están fijadas en la base de la espina dorsal y transmiten el peso del tronco a las piernas. La pelvis es corta y ancha, y proporciona una amplia base para los músculos de caderas y piernas. El brazo humano puede ser movido en casi cualquier posición, puesto que su extremo encaja en un hueco de la ancha hoja del omóplato, que también puede moverse.







conservado casi perfectamente y que se halló en Pennsylvania en 1971 ilustra claramente el comienzo de la ramificación de los huesos, que al fin formarían el brazo, antebrazo y la mano de la extremidad superior del hombre.

A partir de estos peces adaptables, que vivían perfectamente tanto en el agua como fuera de ella, surgirían los anfibios. Los primeros se parecían todavía mucho a los peces; tenían los restos de una cola de pez, muy útil para nadar, pero lo que habían sido las aletas se había convertido en robustas y cortas patas anchamente despatarradas, aptas para caminar –si es que lo que los primitivos anfibios hacían puede ser denominado de este modo–. Este caminar, como el de una salamandra de nuestros días, era más bien un serpenteo, ya que sus cuatro patas estaban proyectadas hacia los lados, y no se hallaban dispuestas bajo el cuerpo, en donde podrían soportar el peso del animal eficazmente.

Los miembros de tan primitivos anfibios tenían cinco hileras de huesos articulados formando dedos. Los dedos son esenciales para correr, y los vertebrados posteriores harían toda clase de experimentos variando su número. El eohippus, el caballo más primitivo, tenía cuatro dedos en las patas delanteras y tres en las traseras. En sucesivas formas este animal perdió varios dedos; un caballo moderno tiene sólo un dedo funcional en cada pata. Se mueve sobre las puntas de tales dedos –alargando sus patas consigue un pie muy reducido y una larga acción de palanca para un galope muy largo y ligero–. También el hombre alargó sus piernas a fin de adquirir mayor velocidad en la carrera, mediante el recurso de correr sobre sus dedos; pero como corre menos que camina, normalmente utiliza toda la extensión del pie. En este aspecto el hombre es extremadamente conservador; en efecto, todavía conserva los cinco dedos con que los primitivos anfibios parecidos a peces se arrastraron fuera del barro.

Cuando los primeros reptiles hicieron su aparición, hace 350 millones de años, sus patas eran todavía muy abiertas y extendidas, similares a las de sus antepasados anfibios, y su caminar serpenteante y pesado. Y la mayor parte de los grandes reptiles que hoy día sobreviven –como los cocodrilos y los lagartos– son casi igualmente pesados. Pero hace 225 millones de años, a fines del período Pérmico, hubo un grupo de reptiles que desapareció tras haber dado origen a los mamíferos primitivos; estos reptiles parecidos a mamíferos estaban perfectamente equipados para caminar, e incluso para correr con bastante rapidez. Sus miembros habían hecho otro cambio a favor del movimiento: la posición lateral evolucionaba hacia una colocación bajo el cuerpo. Además, los huesos del "muslo" en las patas traseras, y del "brazo" en las delanteras, podían girar más libremente en los dos extremos, y así las patas actuaban de modo muy distinto a como lo hacían los miembros protuberantes hacia afuera, que se movían en arco. Los miembros de estos reptiles parecidos a mamíferos podían moverse hacia adelante y hacia atrás paralelos a la longitud del cuerpo del animal, realizando largos y eficaces trancos. Por otra parte, sus pies, al haber girado hacia adelante, podían moverse flexiblemente sobre el suelo a cada paso, proporcionando elasticidad a la andadura y un soporte estable en el movimiento.

Los reptiles fueron los primeros habitantes permanentes de la tierra, pues sus pulmones podían obtener oxígeno del aire y llevarlo a su torrente sanguíneo. Los pulmones de los reptiles constituyeron un gran adelanto sobre los rústicos sacos de aire que habían aparecido entre algunos de los peces primitivos, casi simultáneamente con las branquias, y eran considerablemente mejores que los pulmones de los anfibios, que muchas veces debían ser complementados con un sistema que usaba la piel para absorber oxígeno del agua. Pero la gran contribución de los reptiles fue un sistema de reproducción "terrestre".

Los anfibios, como sus predecesores los peces, criaban en el agua. Las hembras ponían en ella los huevos, y los machos los fertilizaban aparte totalmente de las hembras. Luego los huevos quedaban a su propia merced para crecer y desarrollarse en larvas que finalmente encontrarían su alimento en el agua, por completo independientes de sus padres. El sistema de los reptiles era absolutamente

distinto: el huevo era fertilizado en el interior del cuerpo de la hembra; cuando el embrión surgido en su interior se desarrollaba, quedaba rodeado por un saco lleno de fluido denominado amnios, provisto de un receptáculo de yema como alimento y de un saco para los productos de desecho, el alantoides, y envuelto en una dura cáscara protectora. Y solamente entonces, el paquete completo, o sea el huevo, preparado para su desarrollo con su propia fuente de alimento y protección, era expelido al exterior para su desarrollo fuera del animal.

El amnios del huevo sigue siendo la base de la reproducción humana; aunque ha habido importantes cambios que han acentuado la diferencia entre el sistema de los mamíferos y el de los reptiles, existen todavía muchas semejanzas. El huevo célula es fertilizado en el interior del cuerpo de la madre. A medida que se desarrolla, se rodea de un amnios, un saco lleno de líquido parecido al del huevo del reptil.

El ligero líquido salado baña al embrión, lo protege de choques, y actúa como un pozo de agua semejante al hogar del pez, que constituyó el antepasado tanto de los reptiles como del hombre. Desde luego, el huevo humano no tiene cáscara. Y fuera del amnios, aunque todavía haya un saco de yema, prácticamente éste no contiene yema; en lugar de ello, el embrión recibe su alimento y expele las materias de desecho a través del torrente sanguíneo de la madre. Esta difusión de materias vitales se realiza a través de la placenta, que tal vez sea una evolución del dispositivo para los materiales de desecho, el alantoides, del huevo del reptil. La nutrición recibida a través de la placenta capacita al embrión humano para desarrollarse en el interior de la madre, donde está mucho más protegido que incubado en un nido.

A través del amnios del huevo los reptiles realizaron la evolución de la vida acuática a la terrestre, adaptándose a un medio ambiente en el que los mamíferos, a su vez, evolucionarían y se reproducirían a su modo. Los reptiles, en especial aquellos cuya estructura ósea muestra miembros, mandíbulas y otras características propias de los mamíferos, pueden también constituir la clave para otras características próximas a las de los mamíferos, en su camino hacia el hombre –los inicios del control de temperatura que es en gran parte responsable de que el hombre y casi todos los mamíferos sean las criaturas más activas e inteligentes de la Tierra–.

El hombre ha elaborado sistemas para mantener su cuerpo a temperatura constante con una fluctuación de unas pocas décimas de grado, mientras que la temperatura interna de los reptiles, anfibios y peces –en resumen, de todos los demás animales, a excepción de aves y mamíferos– responde a la de su hábitat. Las desventajas de un cuerpo de temperatura fluctuante son numerosas. Los lagartos, por ejemplo, son muy torpes durante las mañanas frías. Sus cuerpos están tan fríos, que las reacciones químicas que animan sus músculos se realizan con relativa lentitud. Lo máximo que puede hacer un lagarto para mantener su cuerpo en correcto funcionamiento es arrastrarse para llegar a una zona iluminada por el sol mañanero. A medida que su cuerpo y su sangre se calientan con el calor del sol, su corazón late con mayor eficacia, sus músculos alcanzan el requerido punto de actividad, y finalmente el lagarto se lanza a la velocidad que le es propia. En contraste, la actividad del hombre es prácticamente independiente de la temperatura de su medio ambiente. Dentro de límites muy vastos puede correr y trabajar, tanto si el día es frío como si es caluroso.

Y no solamente la vida activa, sino la vida en sí misma depende de la temperatura. Todos los animales deben mantener la temperatura interior de sus cuerpos dentro de los límites propios de cada cual; los cambios, por encima o por debajo, les ocasionan la muerte rápidamente, como sabe perfectamente todo aquel que ha intentado criar peces tropicales en un acuario de su sala de estar. Las criaturas que mejor toleran los cambios de temperatura parecen ser las larvas de mosquito –se han encontrado larvas en fuentes termales a 50° C, mientras que otros sobreviven en Alaska incluso aunque se forme hielo entre sus tejidos–. Los límites para el hombre, cuya tem-

El cuidado de los hijos

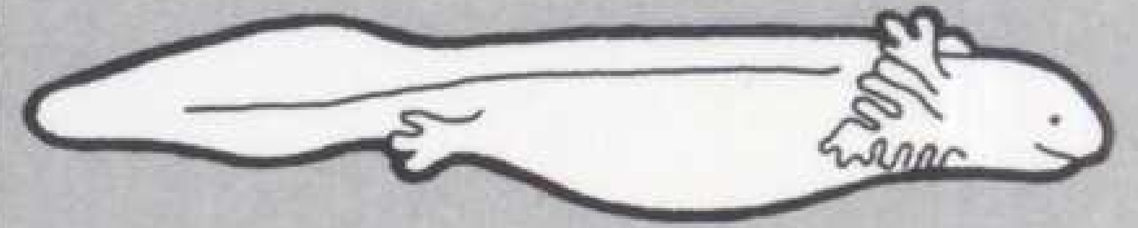
El cuidado que se da a las crías desde los anfibios a los hombres se va haciendo cada vez más complejo. La elaborada protección que se tributa a la cría humana indica su preeminencia en la evolución.



El embrión de 22 días de las salamandras hecturus yace en el agua, sin cáscara de protección. Se alimenta gracias a la gran yema de que dispone (amarillo).



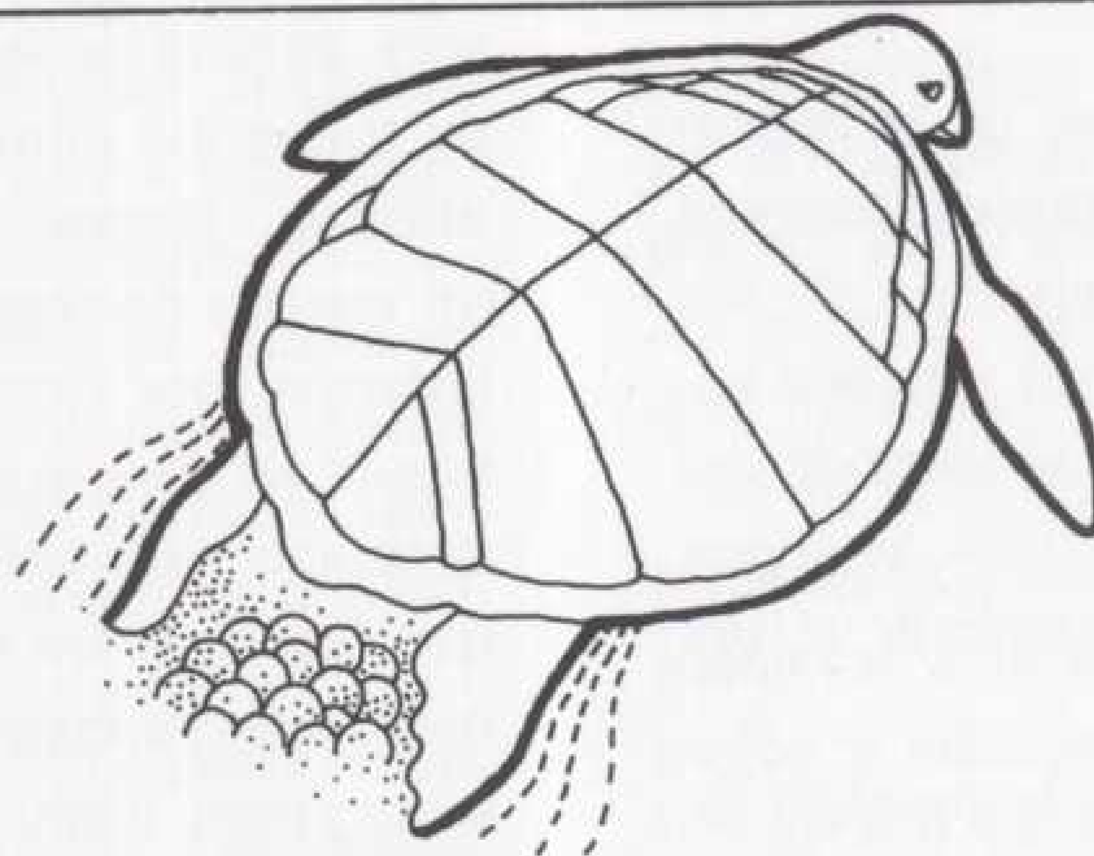
A los 36 días la yema ha sido consumida en su casi totalidad, absorbida por el embrión a través de los vasos sanguíneos. La cabeza y la cola se van delimitando.



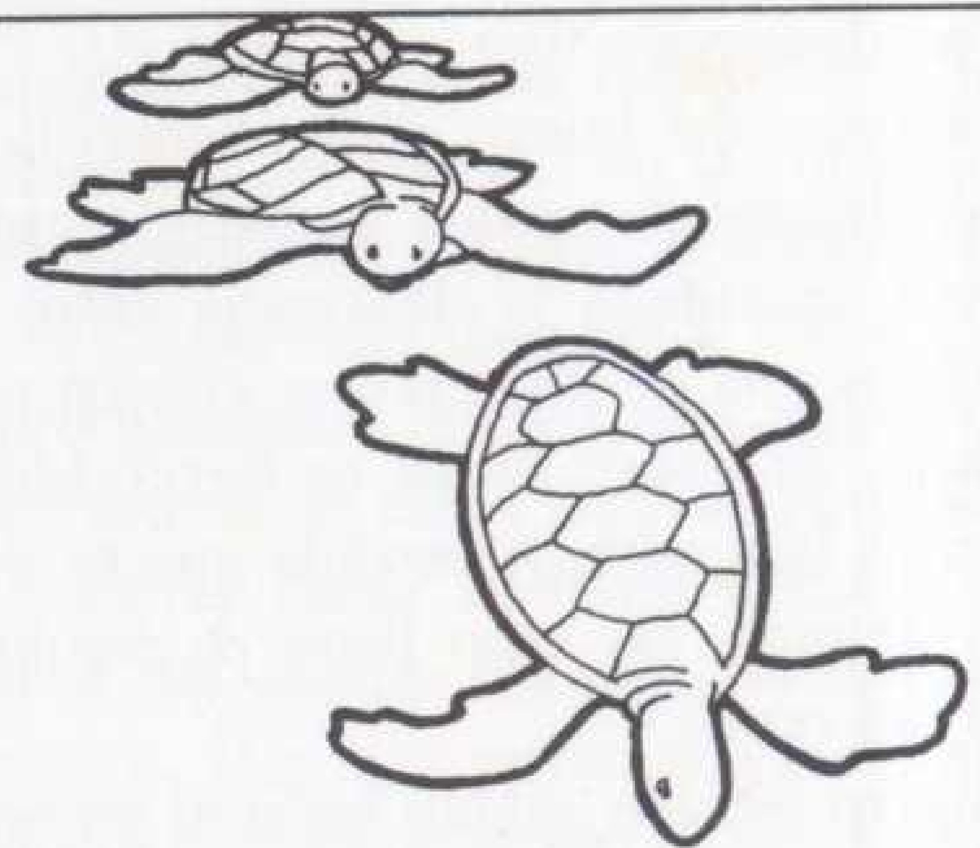
A los 49 días, dos semanas antes de que termine el período de incubación, se han desarrollado las agallas y los vástagos que serán los que constituyan las patas.



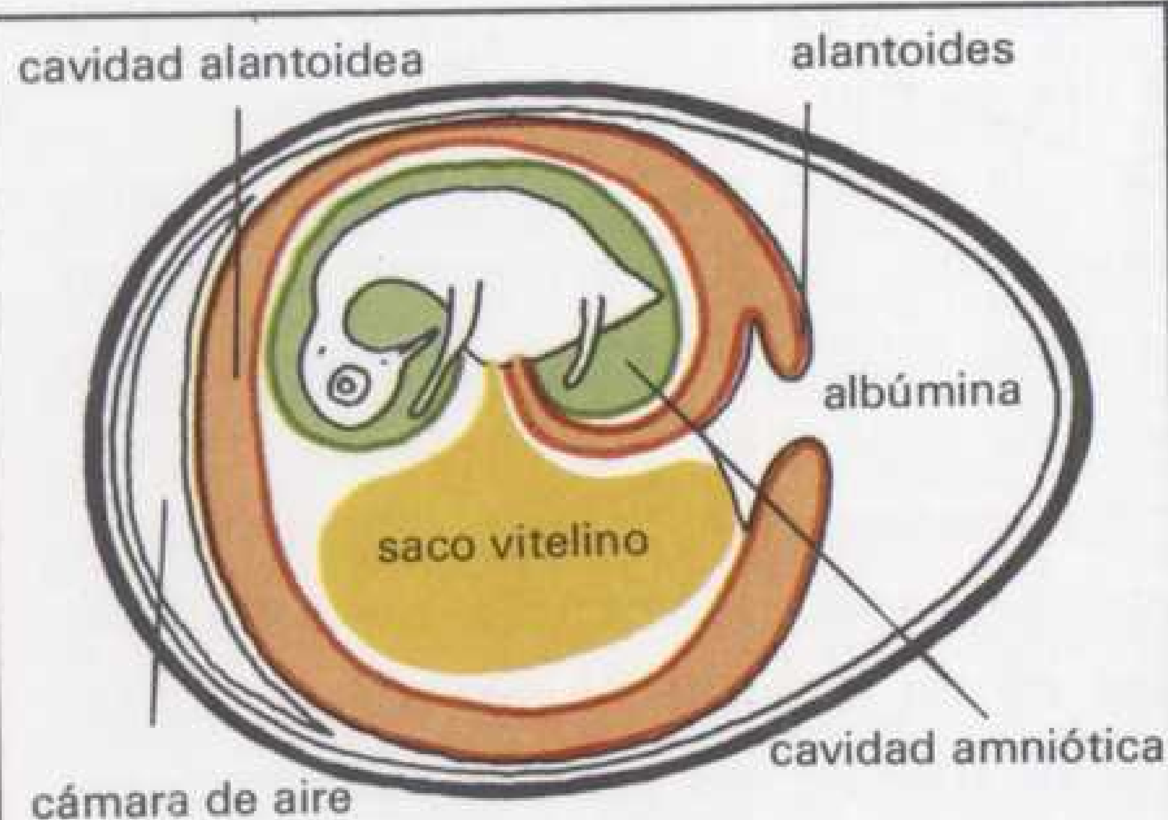
Los reptiles se desarrollan en huevos amnióticos protegidos por una cáscara. Se denominan amnióticos debido a que poseen amnios (verde), un saco aislante de choques.



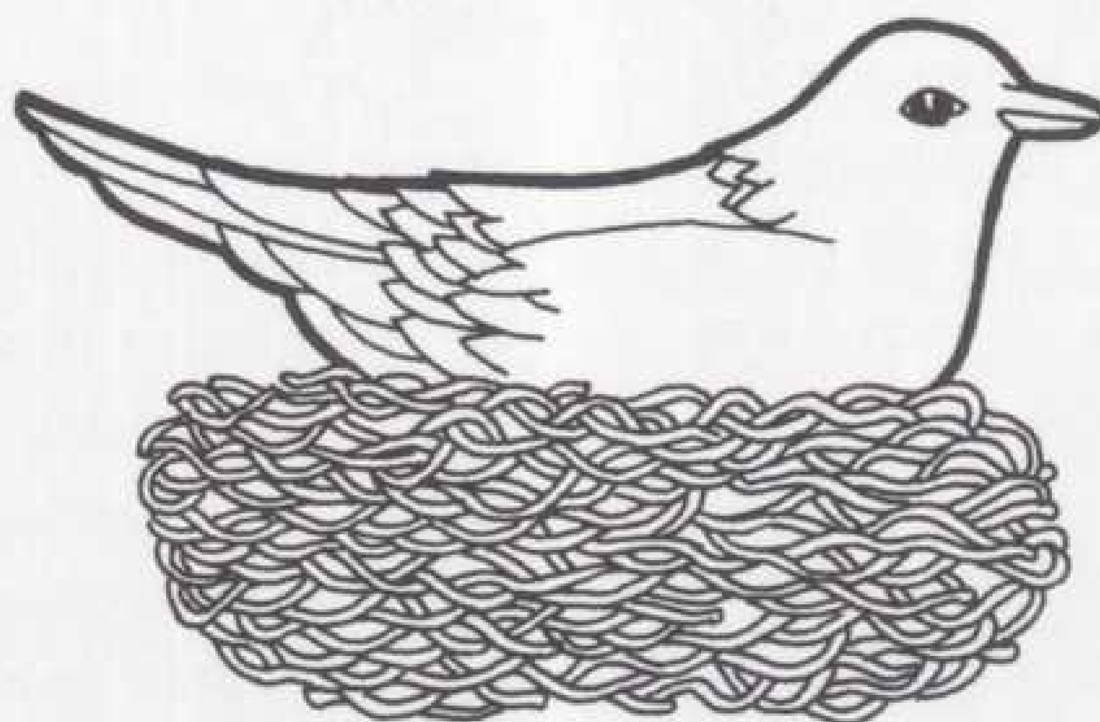
La tortuga verde de mar efectúa su puesta de huevos en la tierra, en un agujero que ha excavado con anterioridad. Para protegerlos los cubre de arena.



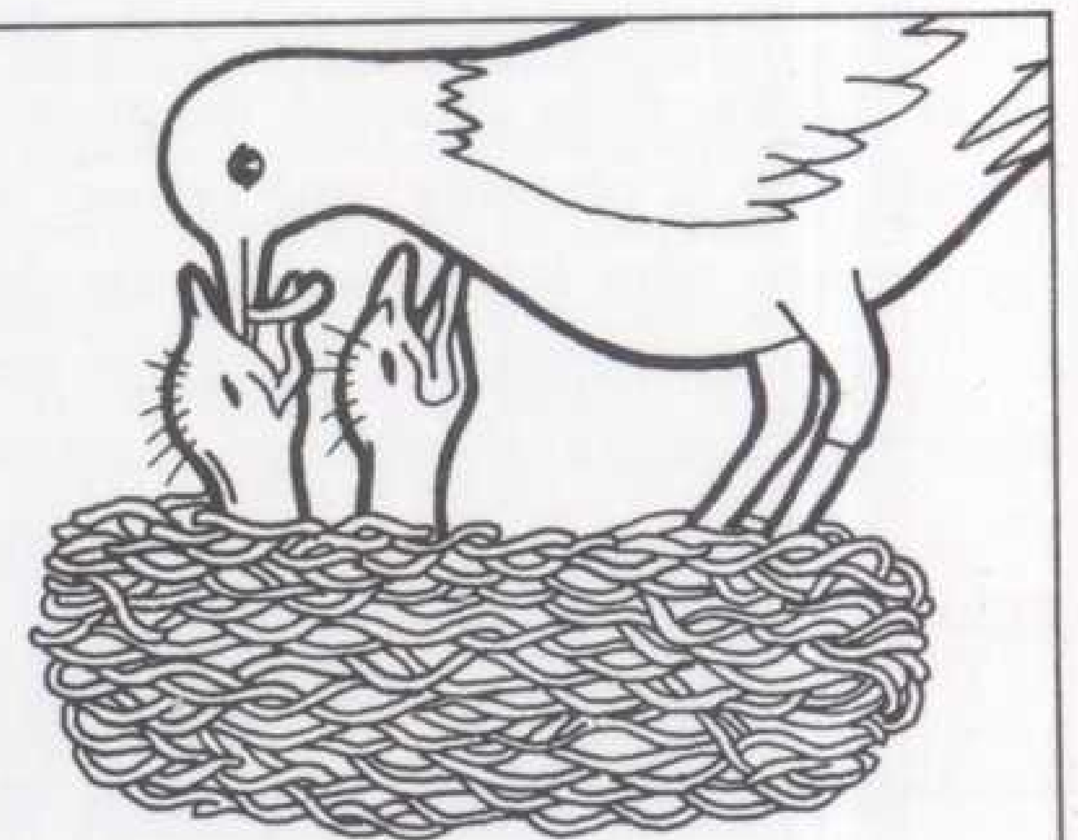
Cuando salen del cascarón, tras 60 días de incubación, las pequeñas tortuguitas son réplicas en miniatura de sus padres. Para no ser devoradas se arrastran hacia el mar.



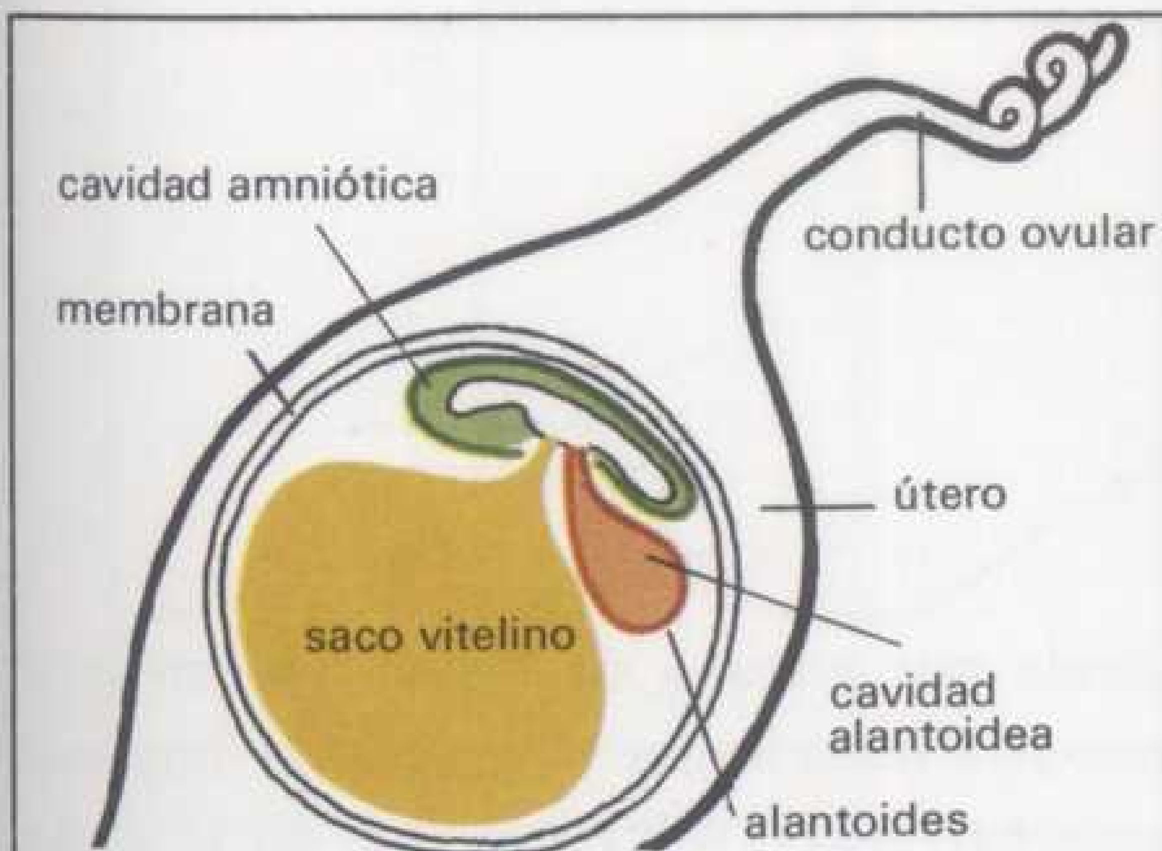
Los huevos de pájaro son muy parecidos a los de los reptiles. Su saco alantoides, provisto de vasos sanguíneos, actúa a modo de pulmón del embrión.



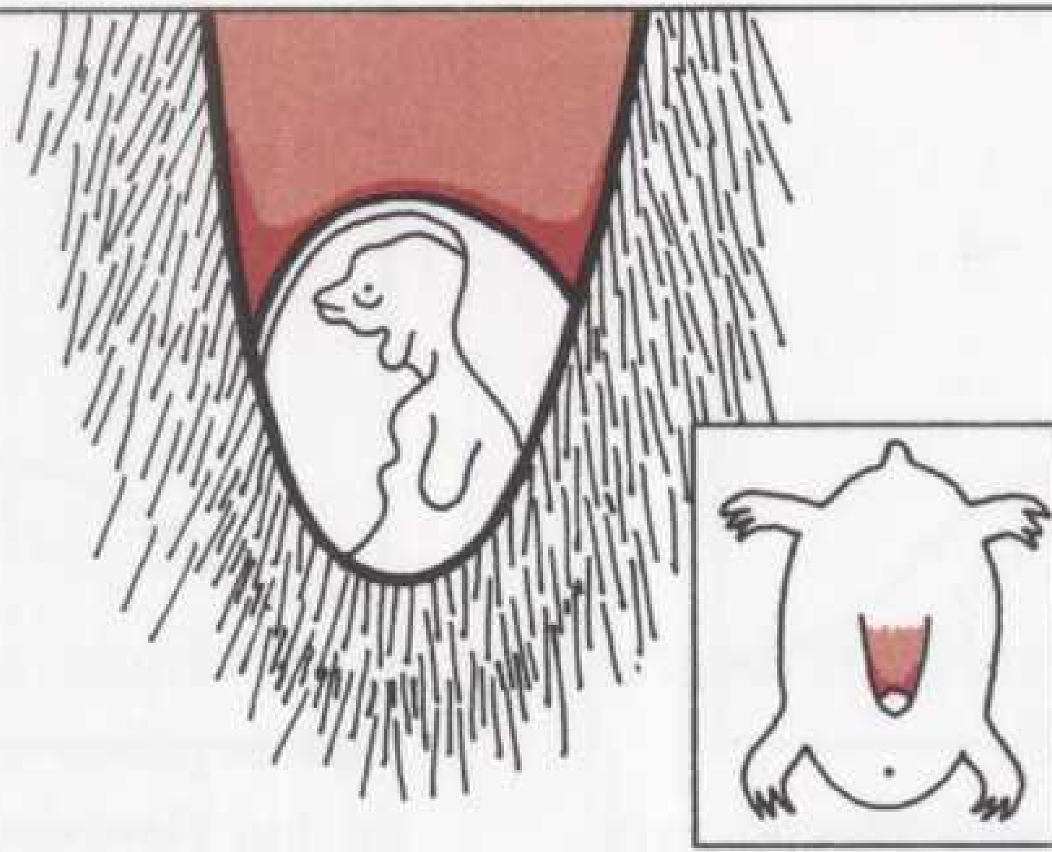
Los huevos de las aves son incubados por ellas (generalmente por las hembras), durante largos períodos que pueden llegar a alcanzar hasta los 80 días.



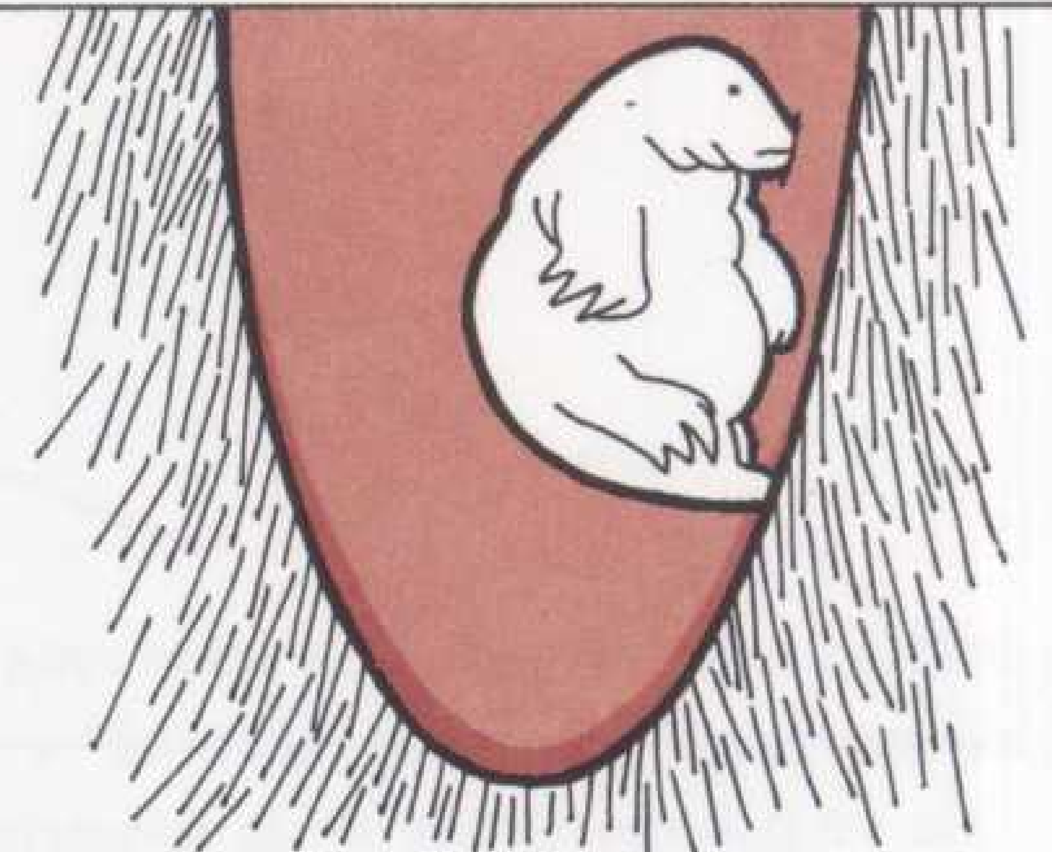
Las crías de la mayoría de las aves salen del huevo ciegas, sin plumas y totalmente desvalidas. Requieren, pues, el cuidado de sus padres durante unas dos semanas.



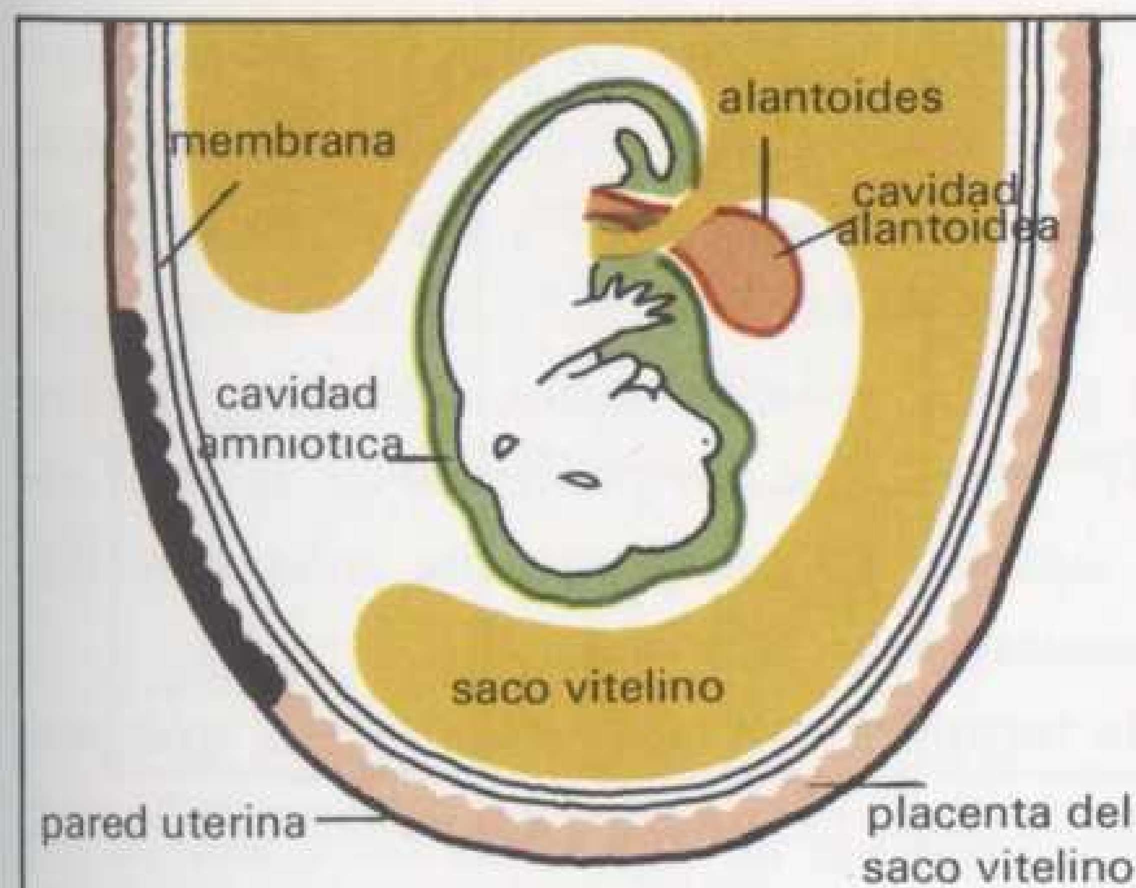
El embrión del oso hormiguero espinoso, un mamífero primitivo, está en un huevo en el interior del útero de la madre. Es parcialmente alimentado con el fluido uterino.



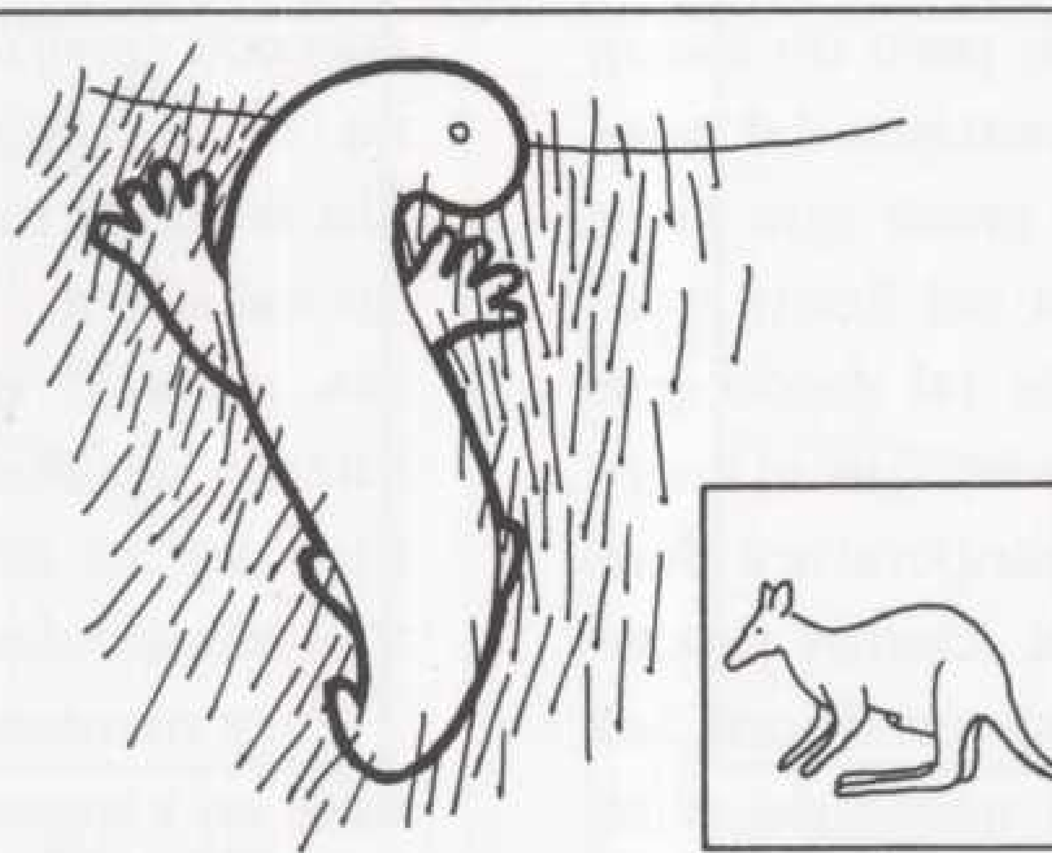
Después de poner el huevo, el oso hormiguero lo coloca a veces en una bolsa peluda en donde lo incuba. El recuadro muestra la posición de la bolsa en el abdomen de la madre.



Después de dos semanas el embrión sale del huevo y es amamantado gracias a las glándulas que hay en el interior de la bolsa. Permanece todavía en la bolsa durante 10 semanas.



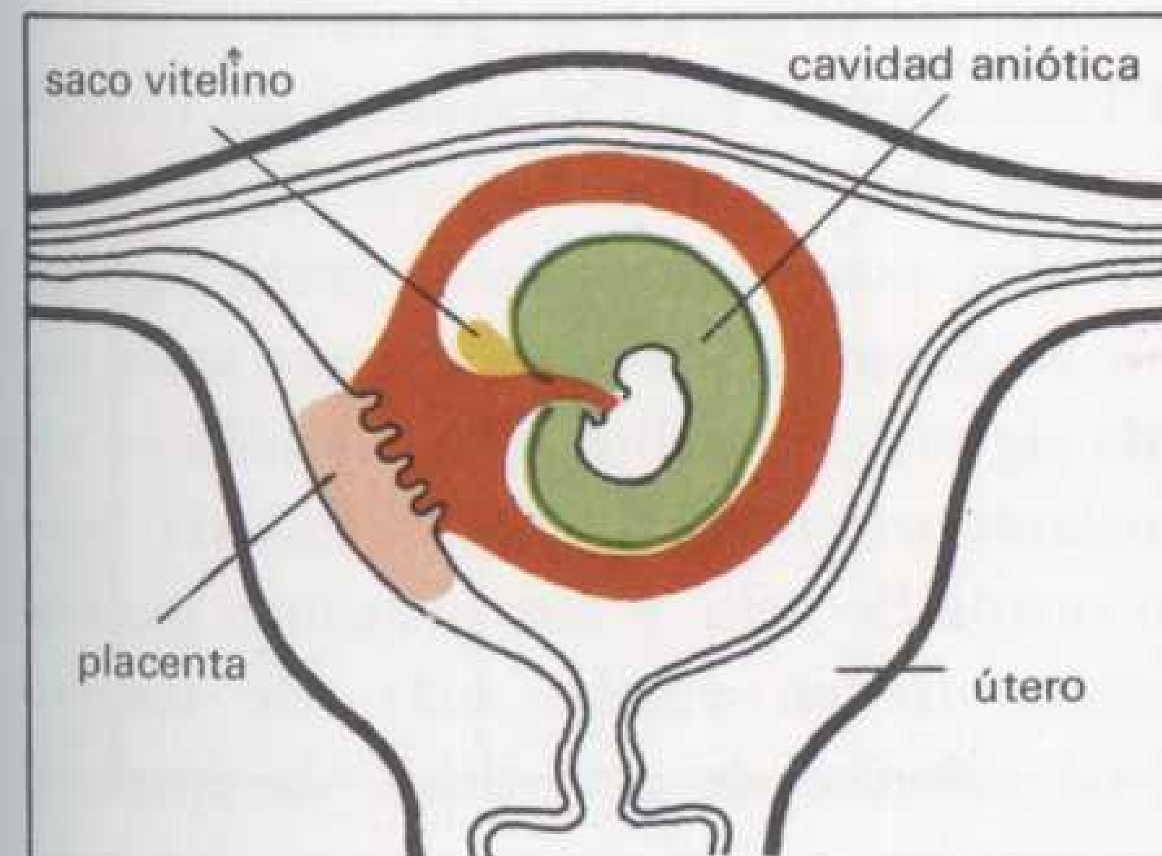
En el canguro la cáscara del huevo se ha vuelto delgadísima. El alimento del embrión es segregado por las paredes del útero, y llega al saco vitelino y de él al embrión.



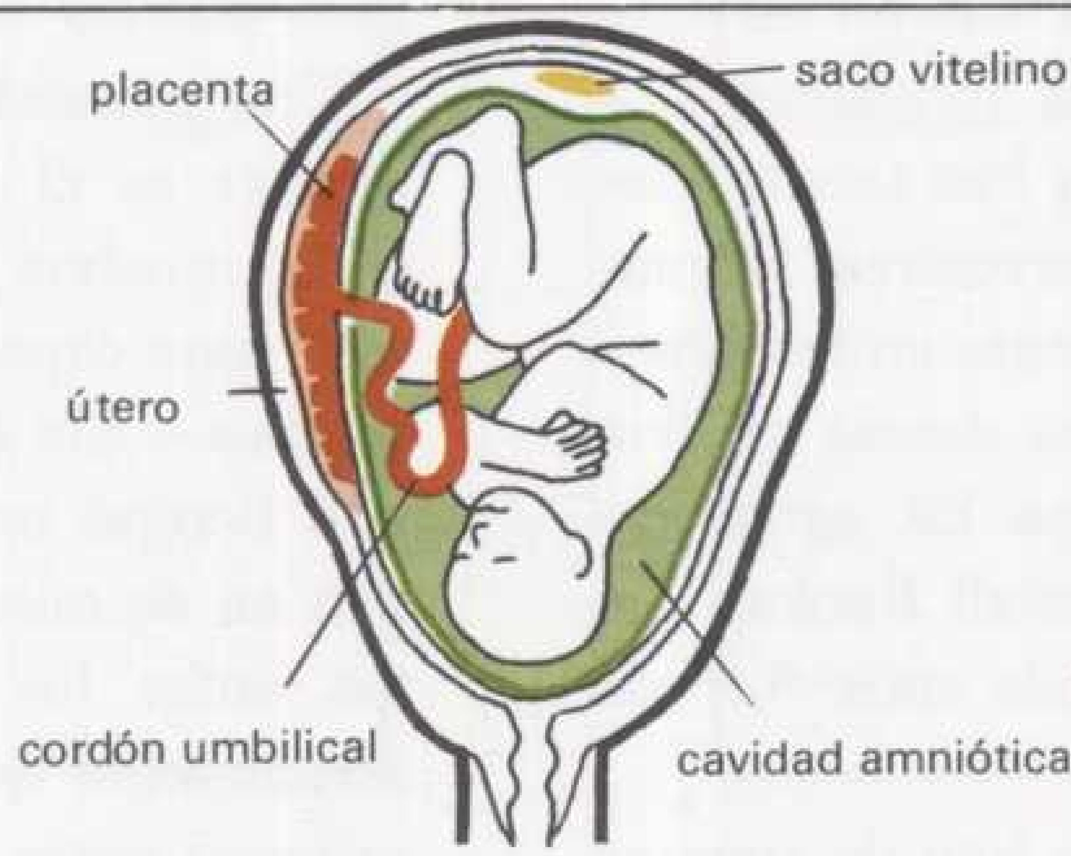
Al nacer, el canguro tiene unos 3 cm de largo y regresa al calor del cuerpo de la madre inmediatamente; agarrándose al pelo de su vientre trepa hasta la bolsa (recuadro).



La madre canguro tiene en el interior de su bolsa mamas bien desarrolladas en las que se amamanta su cría. Esta deja la bolsa después de cuatro meses.



El embrión humano está rodeado por un tejido que se halla en contacto con las paredes del útero. Esta zona, la placenta, elimina los materiales de desecho y nutre al embrión.



Como el embrión humano depende de los alimentos que le da la madre, su saco vitelino es muy pequeño, y el feto sigue estando rodeado por un amnios lleno de fluido.



Al nacer el niño puede mamar. También puede agarrarse, adherirse, llorar y toser. Por lo demás, está desvalido y necesita de intensos y prolongados cuidados maternales.

peratura sanguínea fluctúa solamente en fracciones de grado, son muy estrechos: entre 42° y 25° C.

La vital importancia de la temperatura del cuerpo está relacionada con la actividad física. La actividad requiere energía, la cual es proporcionada por las reacciones determinadas en el interior del cuerpo mediante el proceso de nutrición, y estas reacciones metabólicas se producen lentamente con el frío y rápidamente con el calor. La proporción de muchos animales se dobla con un incremento de unos 10° C en la temperatura corporal, pero no todos los procesos bioquímicos alteran sus porcentajes del mismo modo. En efecto, algunos científicos creen que si la temperatura interna sube muy por encima del límite normal, ciertos procesos pueden acelerarse de tal modo que se producen más productos intermedios de los que el cuerpo puede soportar, e inversamente, si la temperatura desciende por debajo de los límites inferiores, ciertos procesos pueden hacerse tan lentos que no se producen las cantidades requeridas de algún producto necesario para otro proceso vital. En cualquier caso, el cuerpo no funciona correctamente con cambios extremos en sus reacciones químicas internas.

Dentro de los límites vitales de la temperatura corporal existe casi siempre una temperatura ideal en la que los procesos del cuerpo actúan con la máxima eficacia. El desarrollo de los medios para mantener el cuerpo en este punto ideal constituye uno de los temas fundamentales de la evolución. A este respecto, los peces han tenido muchos menos problemas que los animales terrestres; la temperatura de su hábitat acuoso, especialmente en los grandes océanos, no fluctúa tanto como en los demás medios ambientes naturales. En cualquier océano las aguas no varían en más de 15°. Por ejemplo, Rockall Banks, una rica área piscícola en el Atlántico N. oscila entre 9,5° de temperatura invernal y 13,5° en verano.

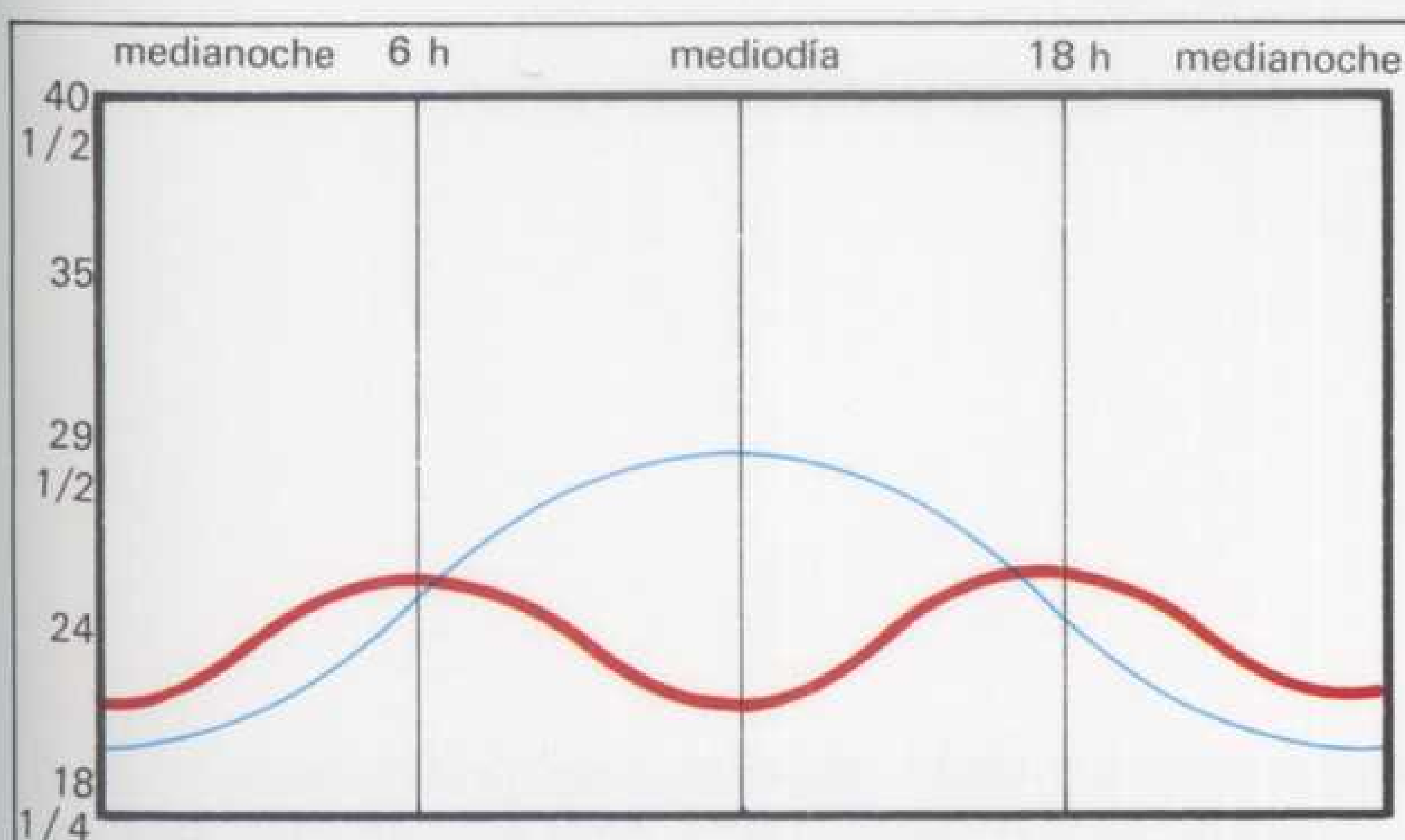
Las criaturas terrestres, por otra parte, han de superar drásticas alteraciones en la temperatura del aire –en algunas zonas del medio oeste americano el termómetro desciende por debajo de los 40° C bajo cero en invierno, y en verano asciende por encima de los 45° sobre cero. Los reptiles e insectos solucionan el problema huyendo de las temperaturas extremas –enterrándose en el suelo, ocultándose bajo las rocas o metiéndose en el agua–. Incluso así, las temperaturas de sus cuerpos suben y bajan, sufriendo amplias variaciones en el nivel de eficaz producción de energía. Pero a medida que la evolución progresó, las criaturas más evolucionadas fueron suavizando estos máximos y mínimos de las temperaturas de sus cuerpos *(gráficos de temperaturas corporales de la página 112)*, hasta que surgieron las aves y los mamíferos. Un hombre mantiene su cuerpo a 37°, un ratón a 36,5°, un caballo a 37,5° y un elefante a 36°; en las aves canoras, unos 5° más altas. Evidentemente, una temperatura interna de unos 37° logra que los procesos de la vida actúen en su nivel óptimo (a temperaturas más elevadas muchas células comienzan a morir).

Para mantener la temperatura corporal precisa, que permite su vigorosa actividad, el hombre ha desarrollado una batería completa de equipo especial y acciones consecuentes para calentar o enfriar el cuerpo cuando es necesario. La evolución de tales características es difícil de trazar –y en muchos casos totalmente imposible–, debido a que están implicados en él nervios, sangre y los suaves tejidos que casi no dejan huella alguna en los restos fósiles, pero pueden deducirse los orígenes de algunos.

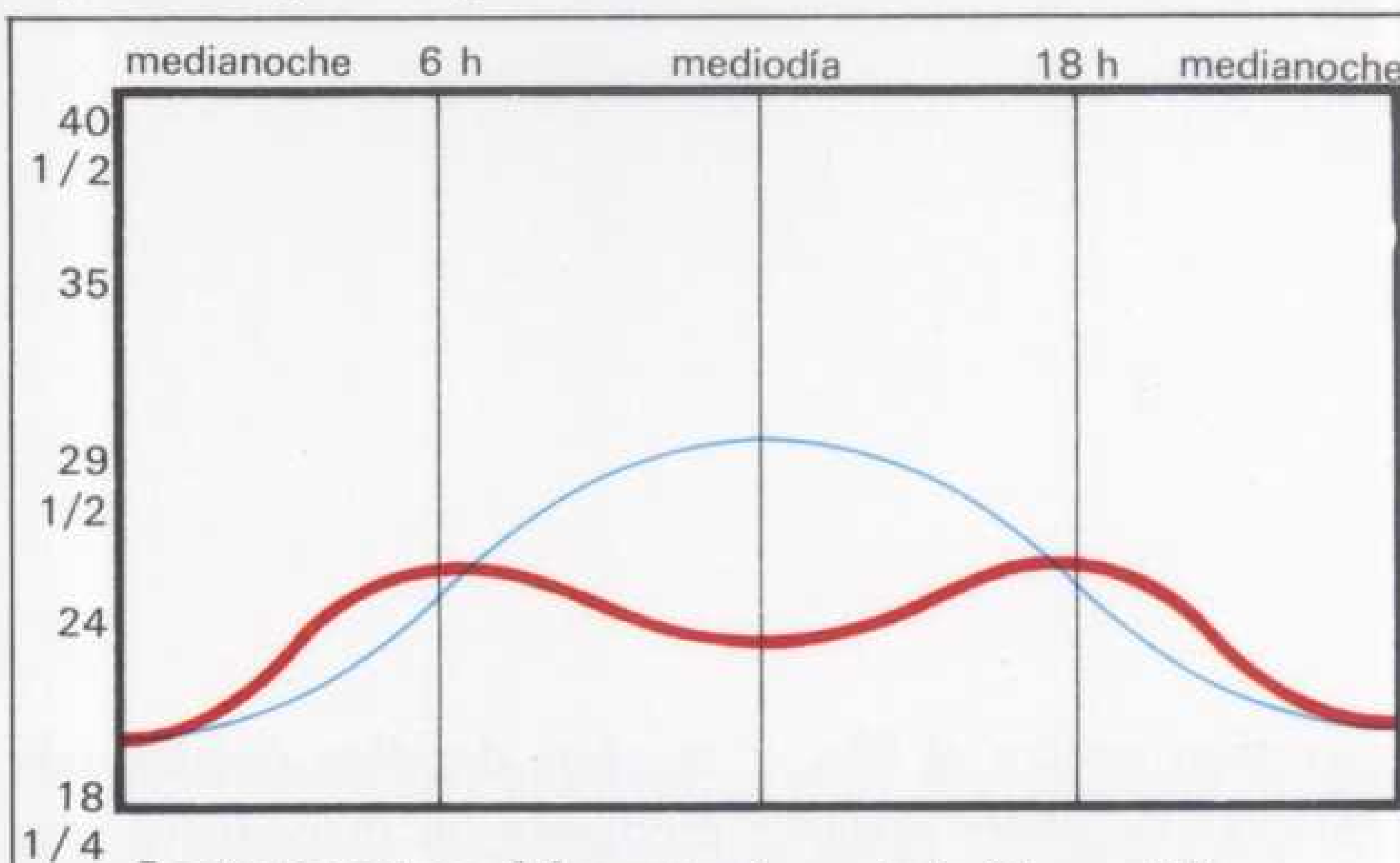
Una necesidad fundamental para el control de temperaturas es el disponer de material aislante. El hombre, como muchos animales, posee una capa de grasa bajo su piel –una capa que se desarrolló tempranamente entre los reptiles–. Sin duda alguna el hombre tuvo también en algún tiempo un aislante exterior; en efecto, todavía quedan en su cuerpo restos de pelo, y sus próximos parientes entre los simios tienen mucho más. Se supone actualmente que tal cubierta de pelo debió de aparecer primero entre los reptiles, especialmente entre los más activos, parecidos a los mamíferos, cuya línea general de desarrollo sugiere que tendrían una piel peluda. Entre los mamíferos, la piel con pelo ha llegado a ser una excelente

El control térmico

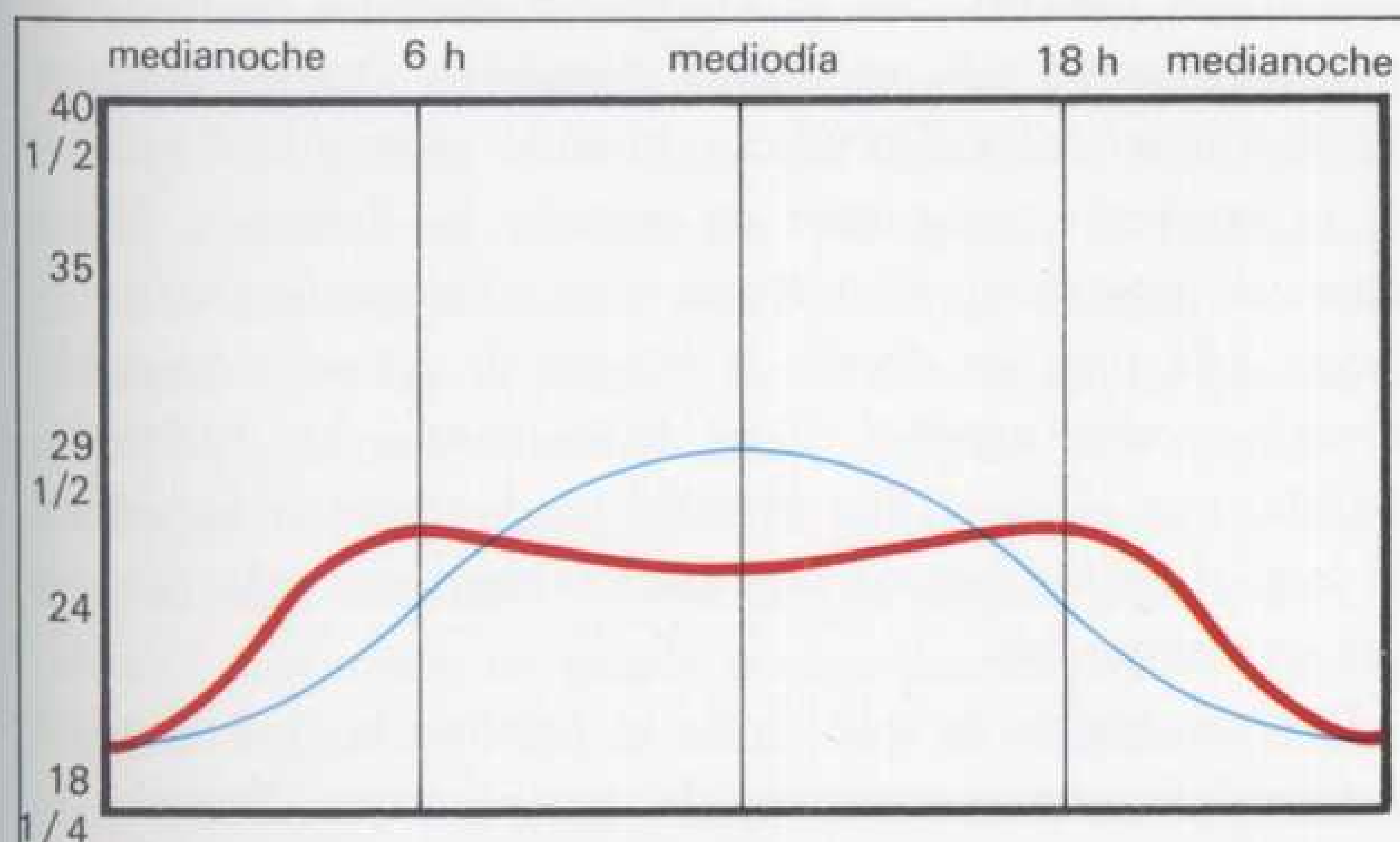
A medida que aumenta el control del calor, los animales conservan la temperatura de su cuerpo a nivel constante, a pesar de los cambios de temperatura del aire –lo cual incrementa su actividad y disminuye la dependencia del medio ambiente–.



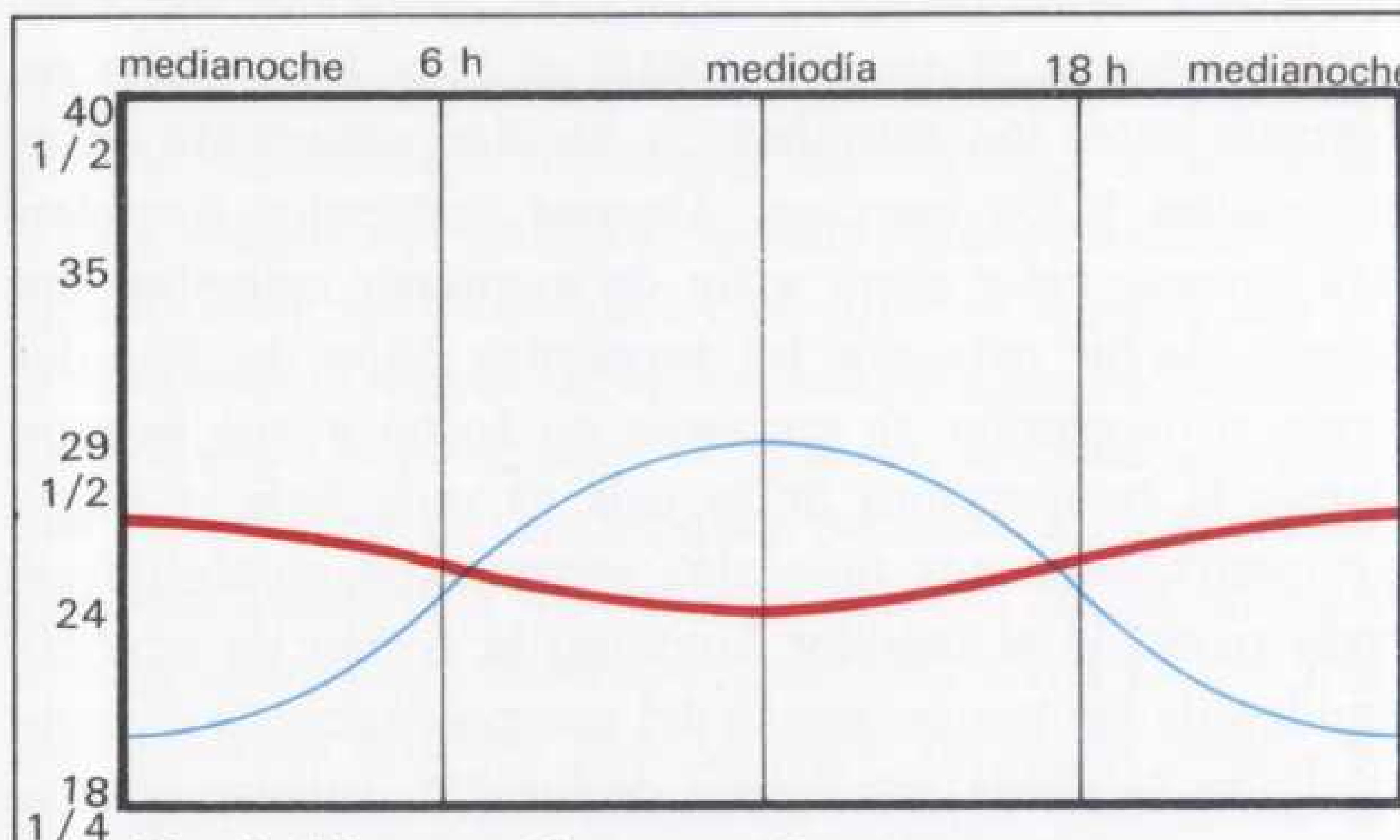
La temperatura del cuerpo (línea roja) de un anfibio muy primitivo, el ichthyostega, que carecía de control de temperatura interna, ondula ampliamente; el animal se atemperaba (azul), metiéndose en el agua.



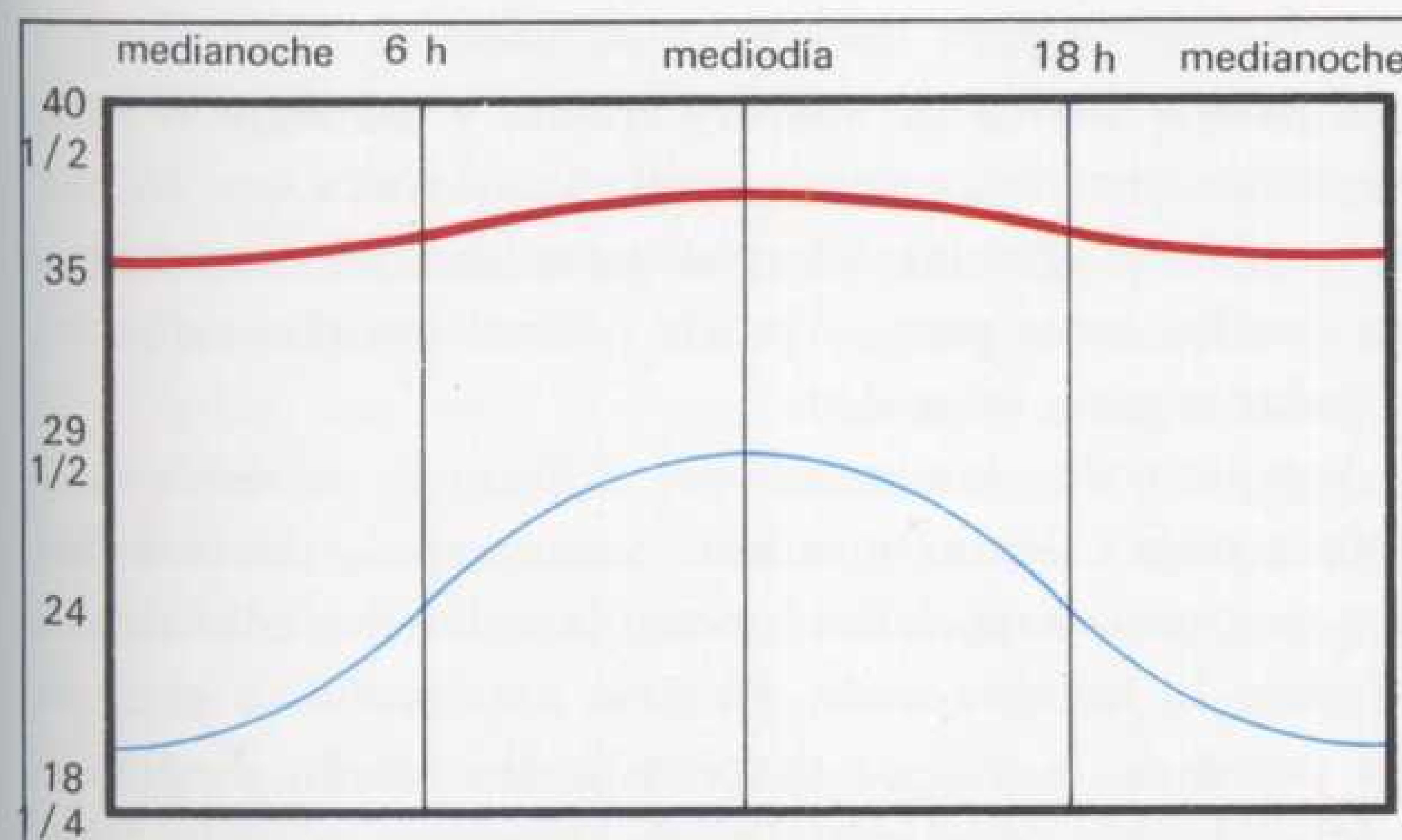
La temperatura del cuerpo de un primitivo reptil, como el romeria, cambiaba con la temperatura del aire, puesto que carecía de verdadero control de temperaturas. El romeria se atemperaba con el ambiente.



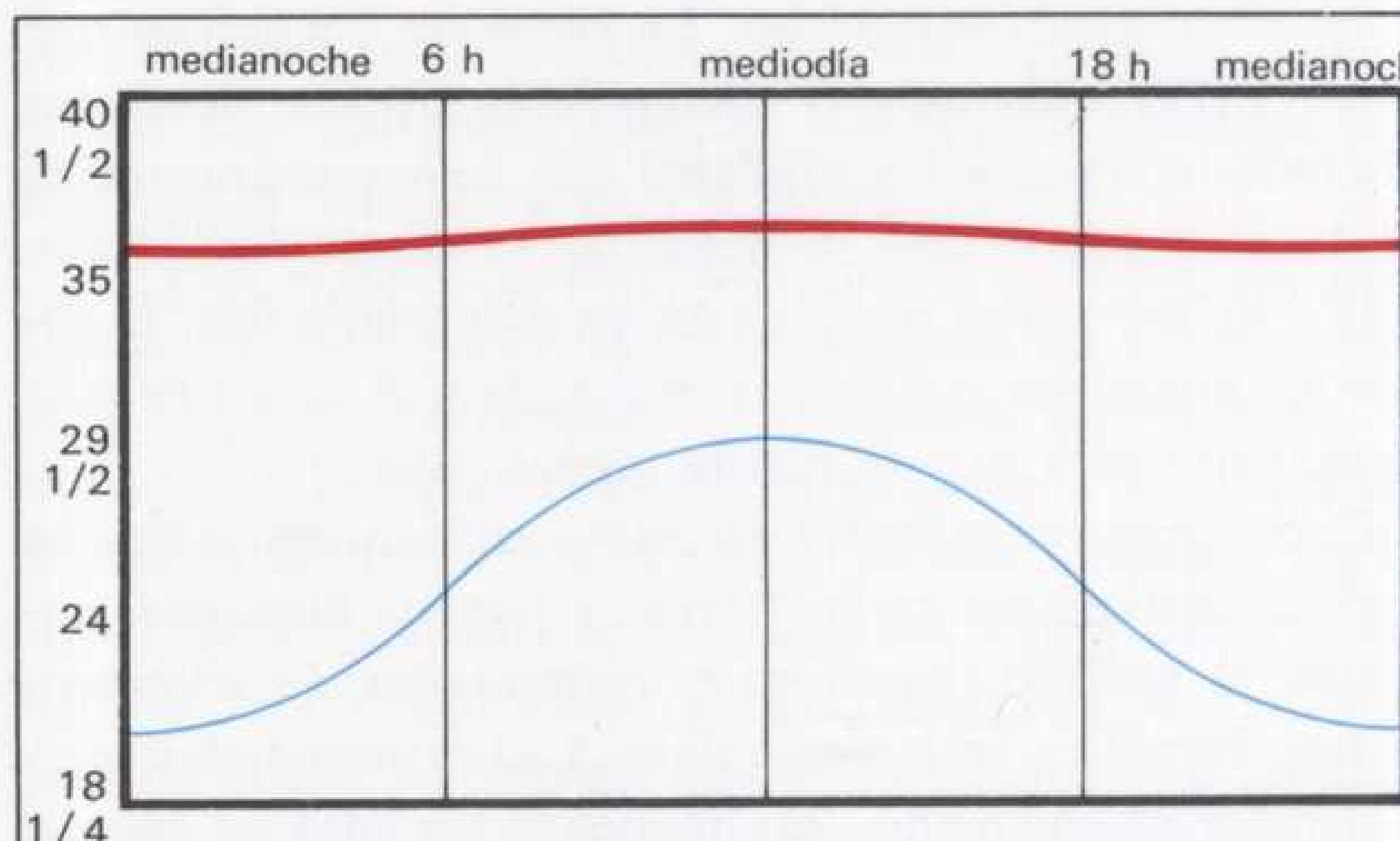
El inicio del control de la temperatura interna, aquí indicado, corresponde al reptil, semejante a un mamífero, denominado thrinaxodon. Su temperatura al despertarse subía rápidamente.



El primitivo mamífero pantothera tenía una temperatura corporal que experimentaba muy poca influencia de la exterior. Su temperatura media solía ser de 27 grados.



La temperatura de un mono primitivo, parecido a una ardilla, el propliopithecus, presenta un mayor progreso en la evolución; la temperatura del cuerpo fluctuaba marcadamente sólo al pleno calor del mediodía.



El cuadro de temperaturas del hombre presenta un nivel parejo tanto durante el día como durante la noche. El hombre es capaz de sostener una vida activa en casi cualquier medio ambiente.

protección contra el frío, y muchos de ellos pueden administrar su poder aislante mediante un dispositivo que endereza sus pelos hasta formar una gruesa capa retentiva de calor. La piel humana no es demasiado útil como aislante, pero el poco pelo que conserva todavía actúa adecuadamente, enderezándose cuando los frágiles músculos de sus raíces reciben el aviso del cuerpo de que éste necesita mayor protección contra el frío. El temblor es corriente entre los mamíferos y ha sido observado entre los reptiles y los insectos. Algunas serpientes tiemblan para generar calor extra a fin de mantener calientes sus huevos. Se ha visto que las serpientes pitón del Zoo del Bronx neoyorquino se enroscan en torno a sus huevos cuando la temperatura de la sala es muy baja, y luego van contrayendo sus músculos espasmódicamente de un modo parecido al temblor humano; la acción de temblar impide que las temperaturas del cuerpo desciendan cuando el aire se enfría por debajo de los 25°. Incluso ciertos insectos pueden temblar, como por ejemplo la mariposa, que contrae los músculos de sus alas para calentarlas antes de emprender un vuelo en un día frío.

El cuerpo humano posee un mecanismo para el control de la temperatura, que a la vez calienta y enfría: el sistema circulatorio sanguíneo. La corriente sanguínea que corre a través de todo el cuerpo lleva el calor desde los órganos internos a los capilares que se encuentran cerca de la piel, donde éste se disipa en contacto con el aire más frío, pero si el cuerpo está ya demasiado frío, la corriente sanguínea que fluye cerca de la piel es restringida al máximo para que se pierda menos calor.

Como protección contra excesivos enfriamientos hay un curioso dispositivo en los brazos y piernas humanos, parecido al aparato denominado conmutador de contracorriente calorífica en las máquinas. Las extremidades pierden calor rápidamente –las manos y los pies se enfrían mucho antes que el resto del cuerpo–, debido a su mayor longitud, y sus superficies disipadoras de calor son muy grandes si se comparan con su volumen conservador de calor. Para reducir las pérdidas, las arterias que llevan la sangre exterior están situadas muy profundamente en el interior de las extremidades, y cada una de ellas lleva paralelas un par de venas. La sangre que retorna por las venas absorbe el calor de la sangre que expelen las arterias adyacentes, impidiendo así que este calor se disipe por los capilares y llevando algo de calor de regreso al tronco del cuerpo. Sin embargo, el sistema humano de contracorriente sólo se utiliza cuando el cuerpo necesita conservar su calor. En efecto, cuando se requiere enfriarlo, la corriente sanguínea de regreso es desviada de las venas de contracorriente hacia otro sistema de venas cercanas a la piel, en donde la sangre de retorno no puede absorber calor arterial. Este doble cambio es realmente visible: con el calor, las venas situadas bajo la superficie de la piel de los brazos son apreciablemente más gruesas que en tiempo frío.

Desconocemos de qué modo se produjo la evolución del sistema de contracorriente de temperatura. Surgió, de modo aparentemente independiente, en cierto número de animales, entre los que se incluye el hombre, sus distantes parientes mamíferos, como las ballenas, y en algunas aves, como los gansos, que pasan mucho tiempo en aguas frías. Y, por último, algunos peces, como el atún, poseen un dispositivo para reducir la difusión de calor al agua que pasa a través de sus branquias, y así logra el atún mantener una temperatura corporal más alta que su medio ambiente, gracias a lo cual posee mucho mayor energía que los otros peces y puede realizar grandes esfuerzos y nadar a gran velocidad.

Aunque todos los mamíferos utilizan la corriente sanguínea para calentar y enfriar sus cuerpos, también tienen esquemas especializados con la única finalidad de enfriarlos. El hombre suda. El agua expulsada a través de los poros de la piel se evapora y, al hacerlo, desprende calor. Algunos otros mamíferos, como los caballos, también sudan, pero otros muchos –el perro, por ejemplo– logran el mismo resultado jadeando. El modo en que actúa el jadeo de los perros para enfriar sus cuerpos ha sido descubierto hace muy poco tiempo. Mediante el jadeo los

perros llevan aire rápidamente hasta sus pulmones a través de las narices, donde el aire es enfriado por una secreción de agua; el aire frío toma entonces el calor de las superficies interiores de la garganta y los pulmones. Otros mamíferos han desarrollado una técnica distinta para un enfriamiento por evaporación: humedecen su piel peluda lamiéndola. El centro principal para controlar estos mecanismos reguladores de la temperatura es el hipotálamo, que está localizado en la base del cerebro y funciona de modo semejante al termostato que regula la calefacción en una casa. Su precisión es extremada. Cuando la temperatura comienza a ascender o a descender, el hipotálamo ordena inmediatamente una deceleración o una aceleración del torrente sanguíneo. Si la temperatura en torno a un hombre desnudo desciende por debajo de los 26°, el torrente sanguíneo no puede compensar la pérdida de calor, y el hipotálamo da la señal para el temblor, a fin de proporcionar el necesario calor interno; a 30° comienza el sudor ya que la sangre no puede refrigerar suficientemente al hombre desnudo.

La temperatura uniforme parece asociada con la inteligencia. La conexión es demasiado complicada para ser explicada en este lugar, pero es evidente que los únicos cerebros notablemente desarrollados son los de las aves y los mamíferos, y ambos grupos tienen cuerpos calientes. Por otra parte, sólo los animales de cuerpo caliente poseen los complicados modelos de conducta que tan gran importancia han revestido para su supervivencia. Por ejemplo, cuidan sus crías con mucho mayor efectividad que los reptiles de sangre fría y de mucho menor inteligencia. Solamente unos pocos reptiles vigilan sus huevos; casi ninguno los incuba como hacen las aves, y ningún reptil alimenta a sus crías o les proporciona la larga atención protectora que los mamíferos brindan a sus retoños.

Así pues, es posible decir que, sin sus cuerpos calientes que les permitían una vigorosa actividad y el desarrollo de la inteligencia, ninguno de aquellos primeros verdaderos mamíferos, pequeñas criaturas parecidas a musarañas que aparecieron antes de que terminase el reinado de los dinosaurios, hubieran podido dar origen a la línea de los primates que culminaría en el hombre. Esta vida activa halló su primera gran prueba en los árboles. La vida arbórea no es apta para las criaturas estúpidas o lentas. Para correr a lo largo de las ramas que se doblan, y brincar de árbol en árbol, es preciso no sólo una excelente visión y un buen equilibrio, sino también rapidez en el cálculo mental; asimismo se requieren manos y pies que puedan agarrarse a las ramas con firmeza y seguridad.

Las manos del hombre, asombrosamente diestras, su aguda visión estereoscópica y su superior cerebro son evidentemente el legado de ágiles antepasados habitantes de los árboles. Un precedente de la mano humana se produjo por vez primera en una criatura parecida a los lemúridos, primates primitivos que todavía habitan en las selvas de Madagascar. Los modernos lemúridos viven en los árboles, como las ardillas, pero en lugar de trepar valiéndose de agudas uñas, como hacen las ardillas, utilizan los dedos de manos y pies para agarrar ramitas y ramas. Los pulgares de sus manos y pies son prácticamente oponibles a los restantes dedos, lo que les permite un asimiento excelente, lo mismo que coger y manipular objetos. Los monos modernos, descendientes de primates considerablemente más avanzados que los lemúridos, tienen manos muy parecidas a las del hombre, en cuanto a posibilidad de movimientos y destreza general.

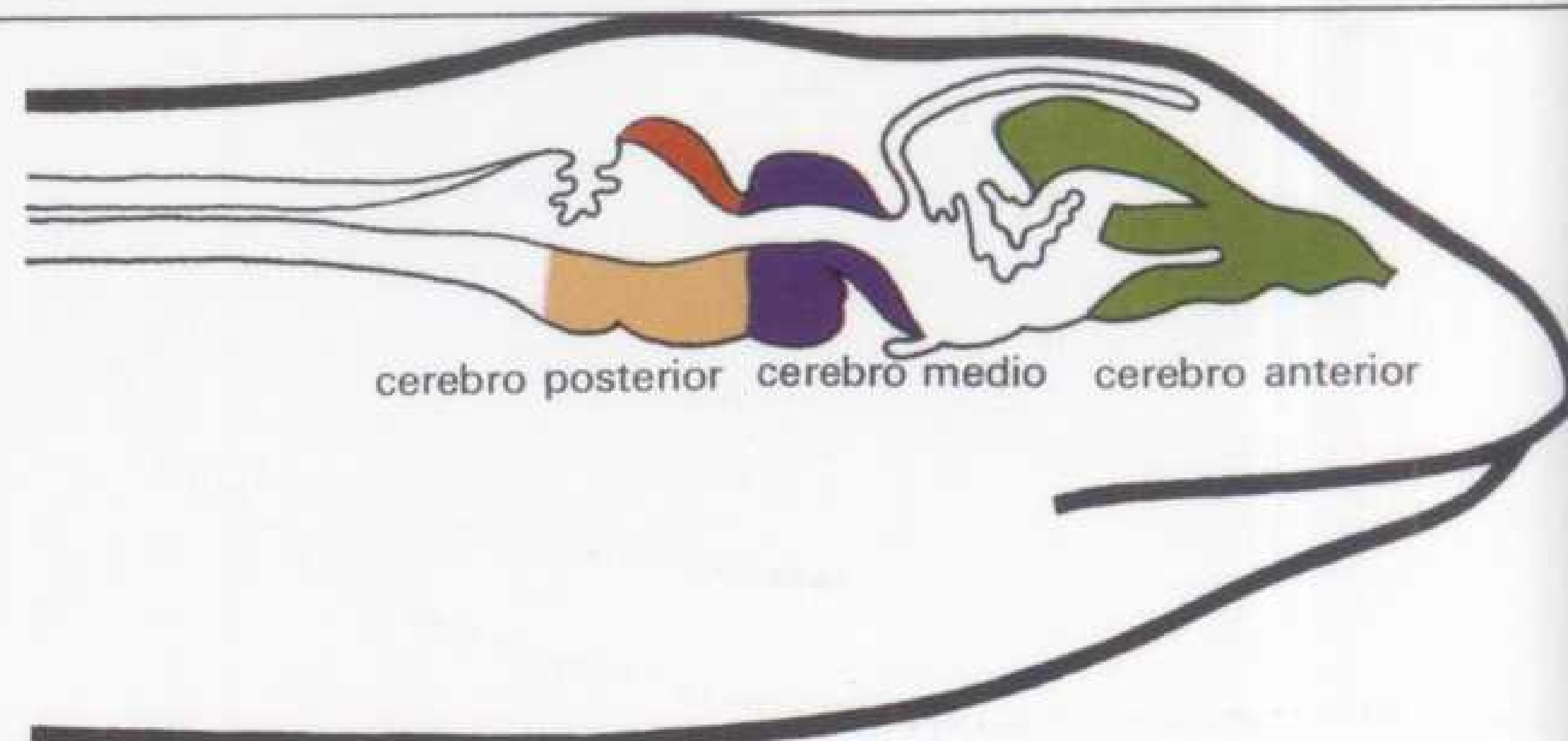
La vida arbórea, desarrollada únicamente por los primates, ha constituido un factor esencial en el desarrollo de la visión tridimensional del hombre. Los ojos de la mayoría de los mamíferos están situados a los lados de la cabeza, de modo que el animal ve dos imágenes separadas, carentes ambas de profundidad. Puede trazarse un sistema más desarrollado, y más semejante al humano, para un primitivo primate que pudo parecerse al tarsios, extraño y pequeño animal saltador que actualmente vive en el SE. de Asia, el cual utiliza sus finos y delgados dedos de manos y pies para trepar hasta las ramas más altas, desde donde contempla el mundo circundante con sus grandes ojos que acechan en la noche. Estos ojos, en

El desarrollo sensorial

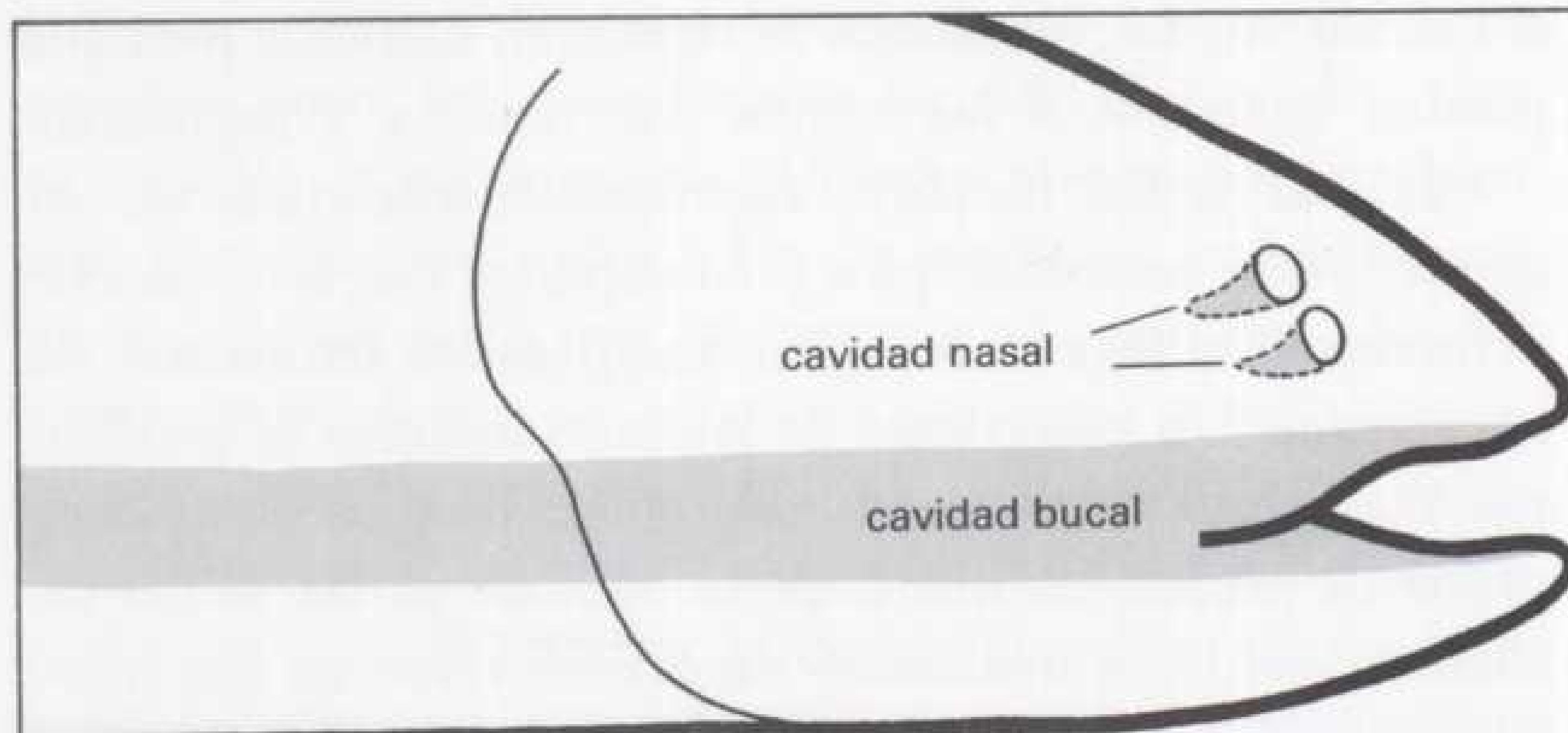
Gracias a la evolución de una línea de antepasados vertebrados, surge el hombre con un aparato sensorial muy refinado, cuya parte más compleja e importante es el intelecto.



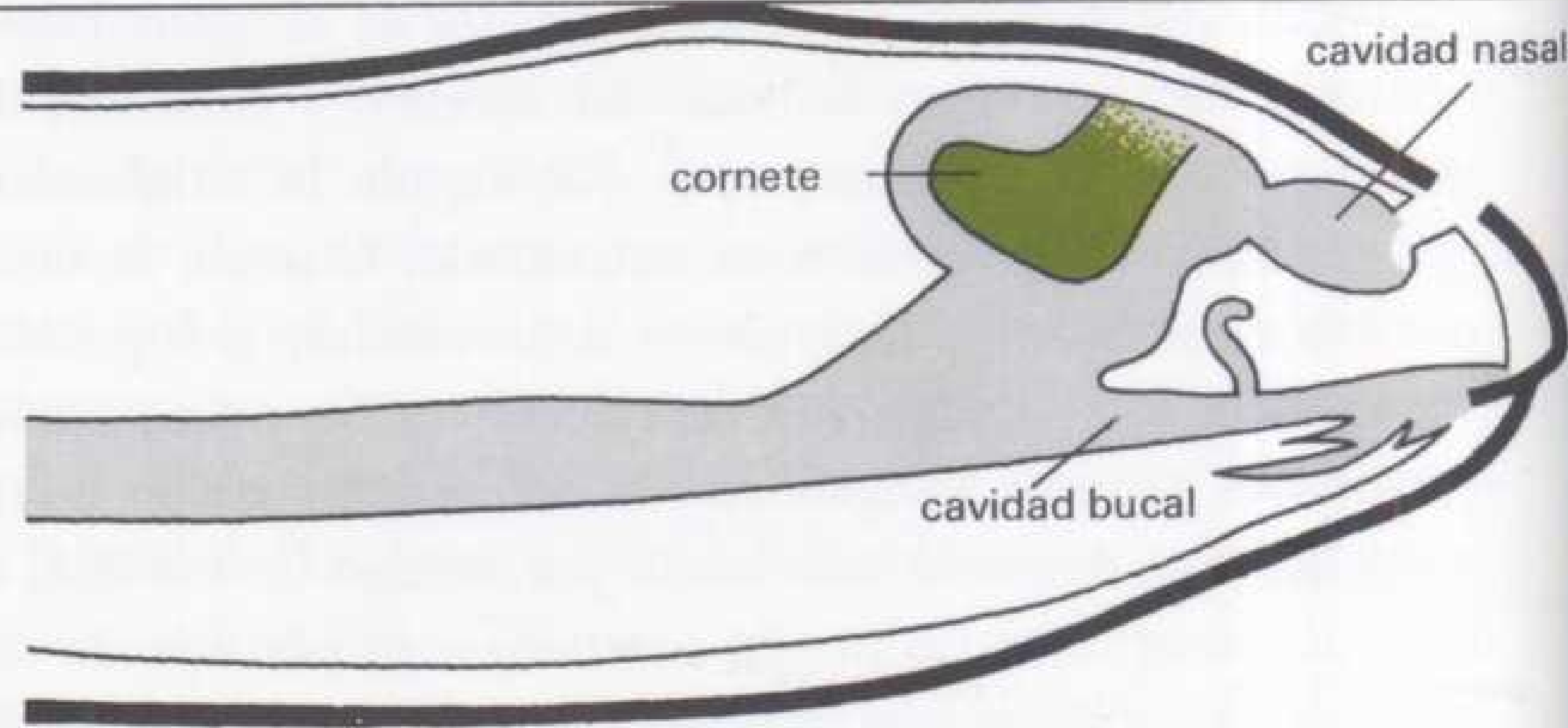
El cerebro del hombre ha sido forjado sobre la fundamental estructura que vemos en el pez: el cerebro exterior (verde), relacionado con el olfato; el cerebro medio (violeta) con la visión, y el cerebro interior (marrón) con el sentido del equilibrio y del oído.



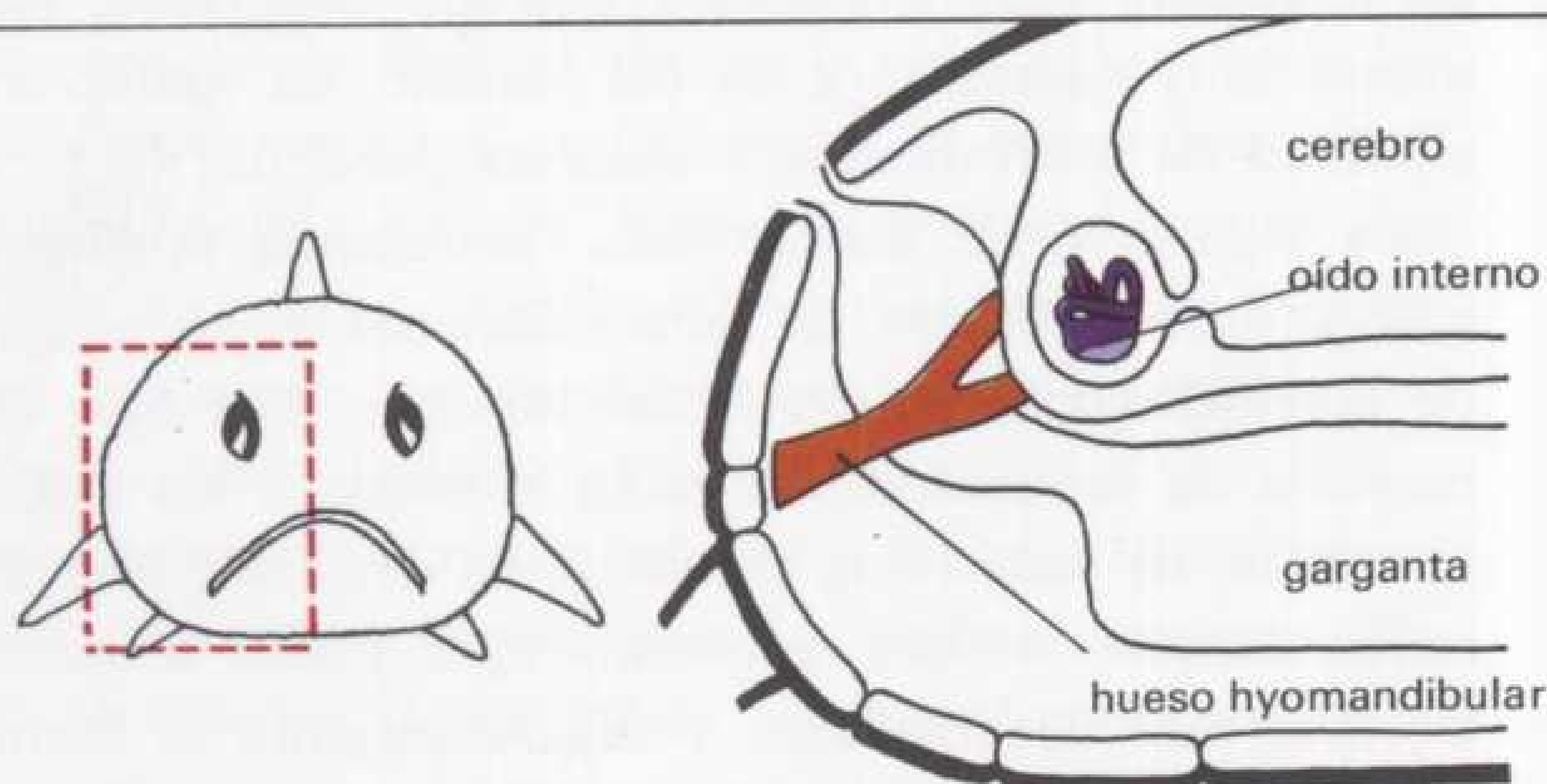
En el reptil, el órgano auditivo y la visión han pasado a tener más importancia: por eso, tanto el cerebro medio como el interno se han agrandado. Y además, el cerebro se ha hecho más complejo. Así, el cerebro medio ha ampliado su papel para coordinar las actividades sensoriales.



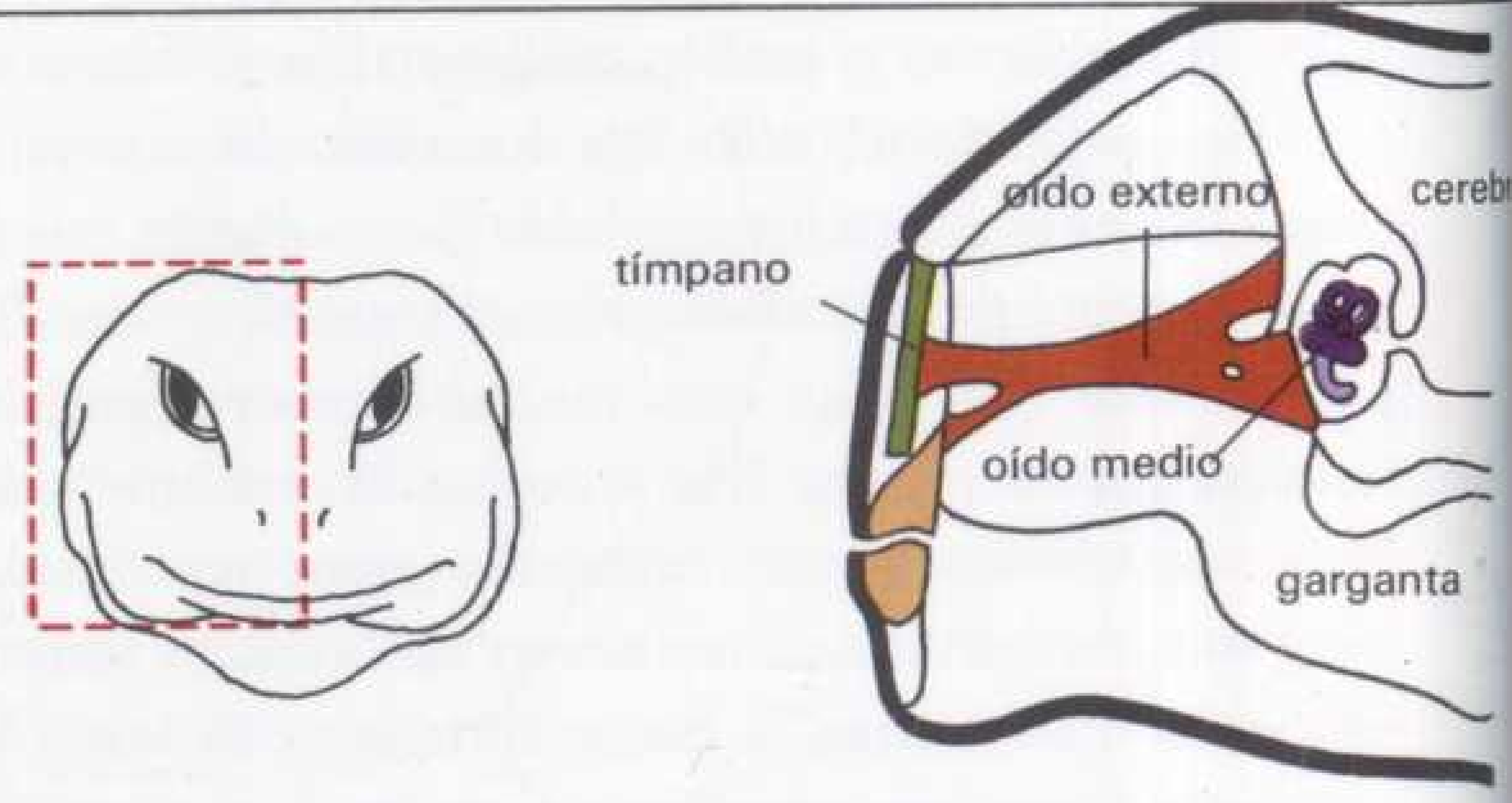
En la evolución de los vertebrados, el olfato está relacionado con la respiración y la alimentación. Los órganos olfativos y respiratorios del pez están separados: el sentido del olfato reside en cuatro bolsas membranosas; la mayoría de los peces respiran por branquias.



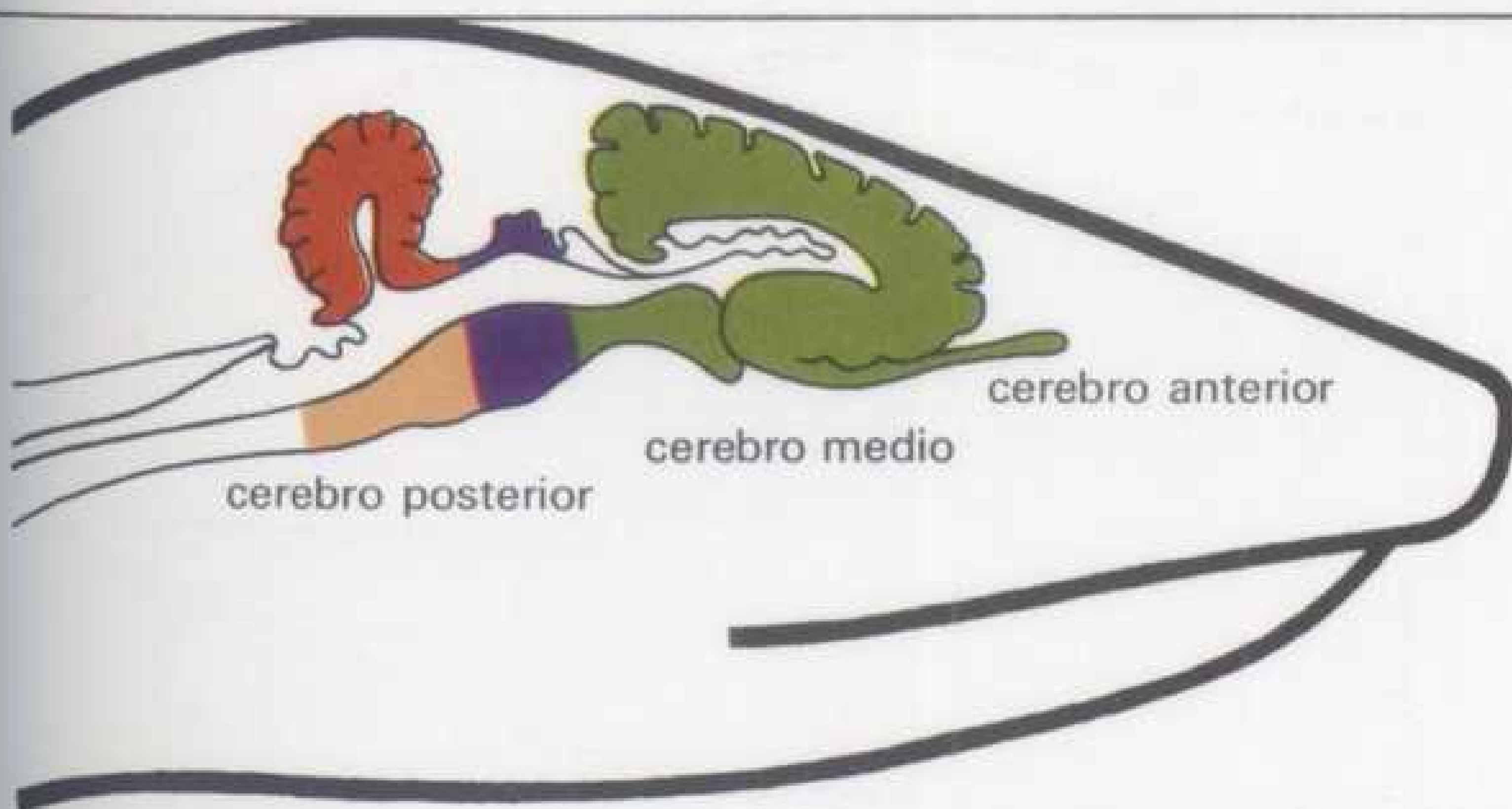
El reptil huele y respira a través de un tubo que se abre en la boca (gris). Por tanto, el reptil no puede mascar y respirar a un tiempo; pero se han producido avances: una cavidad tapizada por una membrana (verde) humedece el aire que penetra, en tanto una bolsa es zona de gusto.



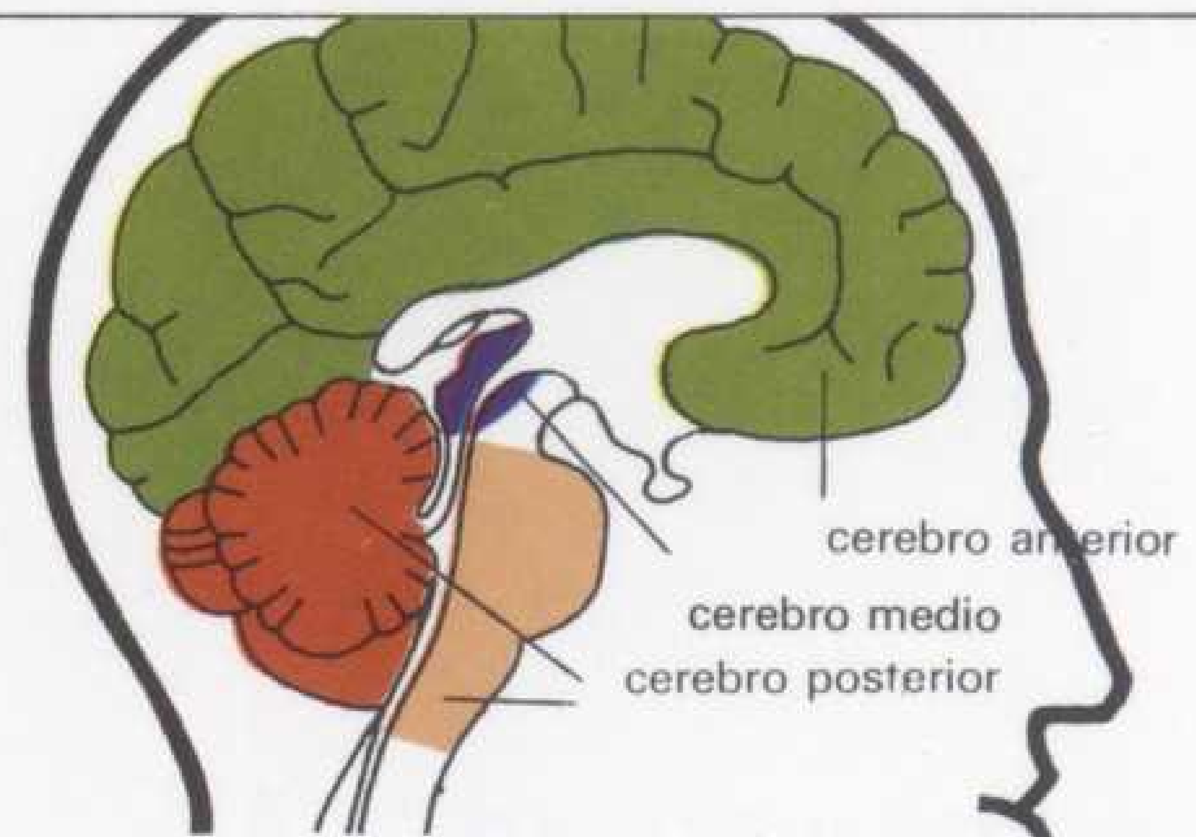
El oído de los vertebrados primitivos servía de órganos de equilibrio. Según el corte transversal a la derecha, en los peces consistía sólo en un oído interno (violeta); un hueso hyomandibular (marrón) transmitía todas las vibraciones hasta el mismo oído interno.



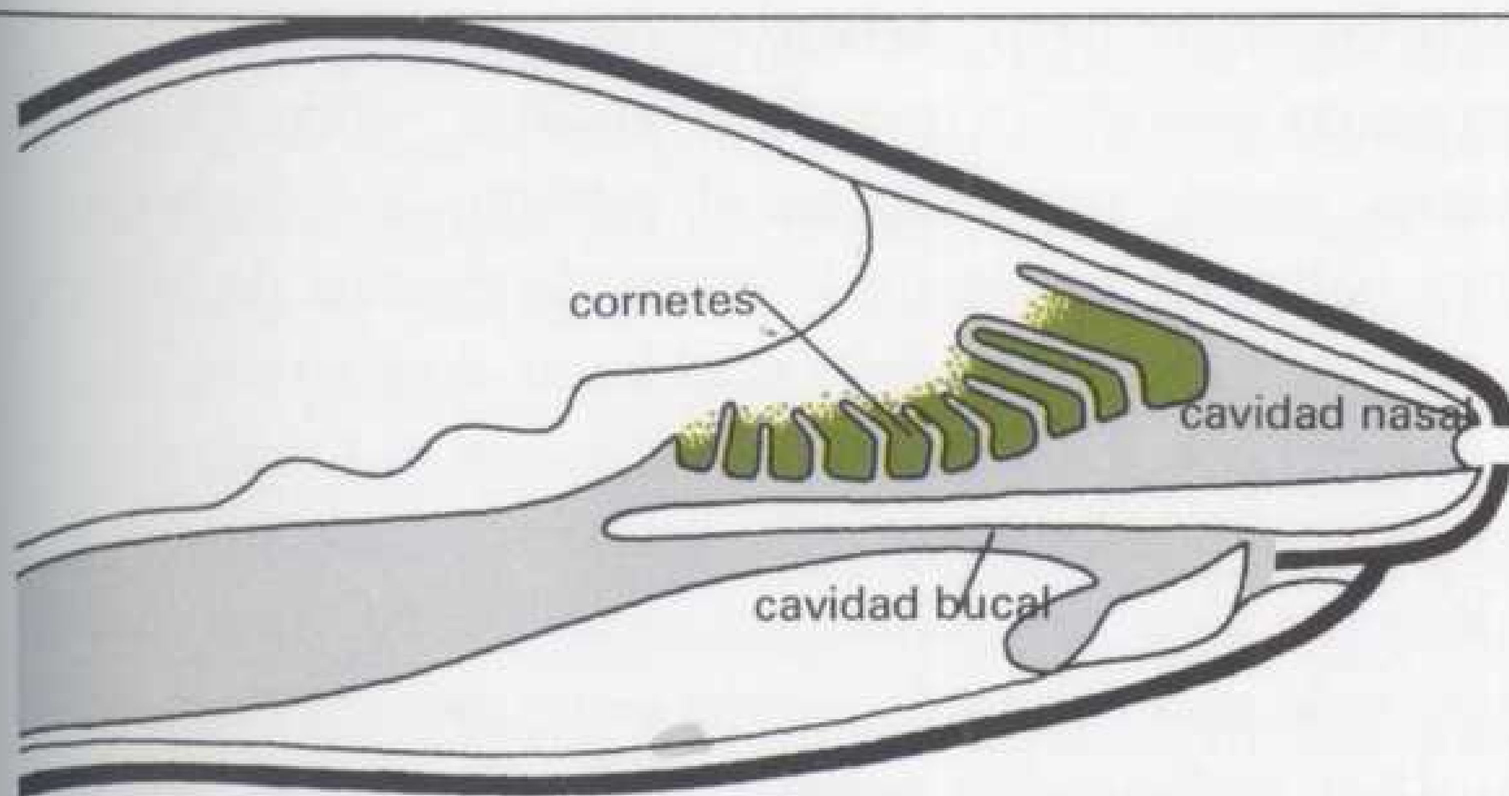
En los reptiles el mecanismo auditivo se hizo más complejo. En ellos un tímpano (verde) transmite las ondulaciones sonoras al oído interno, vía oído medio (el cual es una evolución del hueso hyomandibular de los peces). Dos huesos (ocre) bajo el tímpano forman la juntura de la mandíbula.



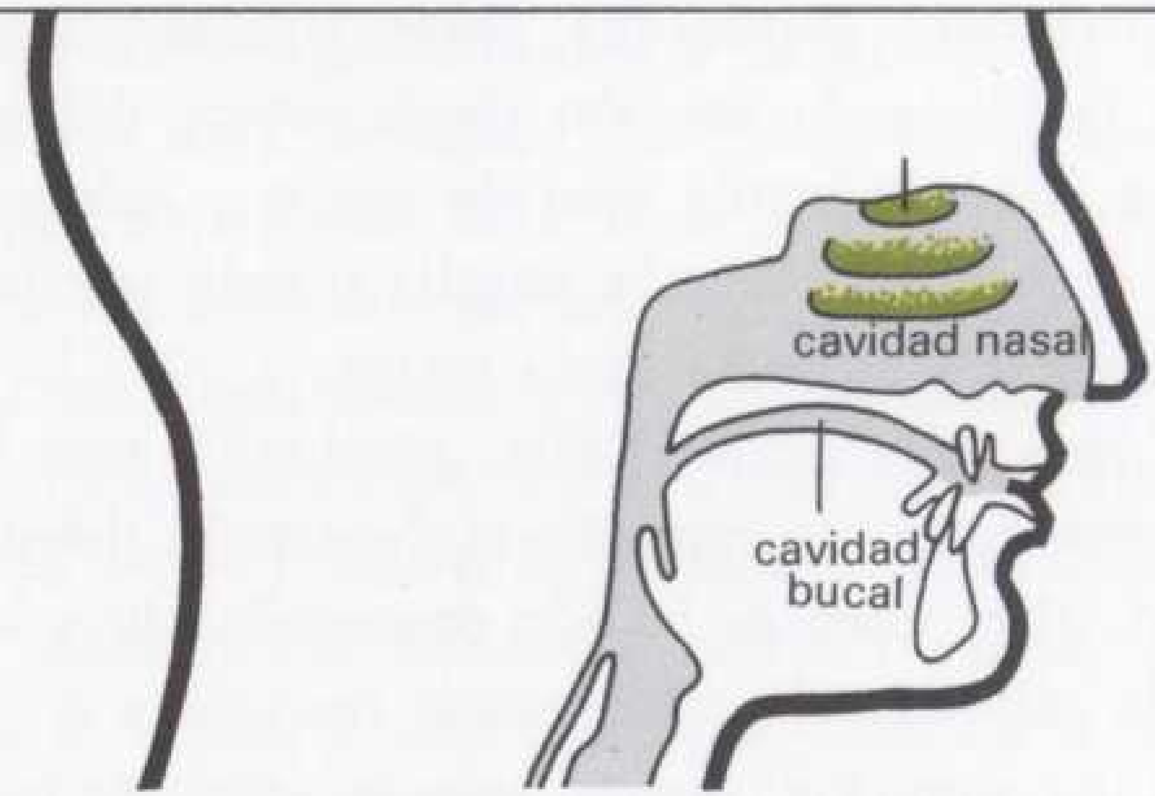
El cerebro de los mamíferos es más complejo, y el sentido de la coordinación se ha trasladado en ellos del cerebro medio al exterior. El cerebro exterior se ha desarrollado hasta formar un encéfalo situado en la parte superior de la cabeza, en el que residen la memoria y el conocimiento.



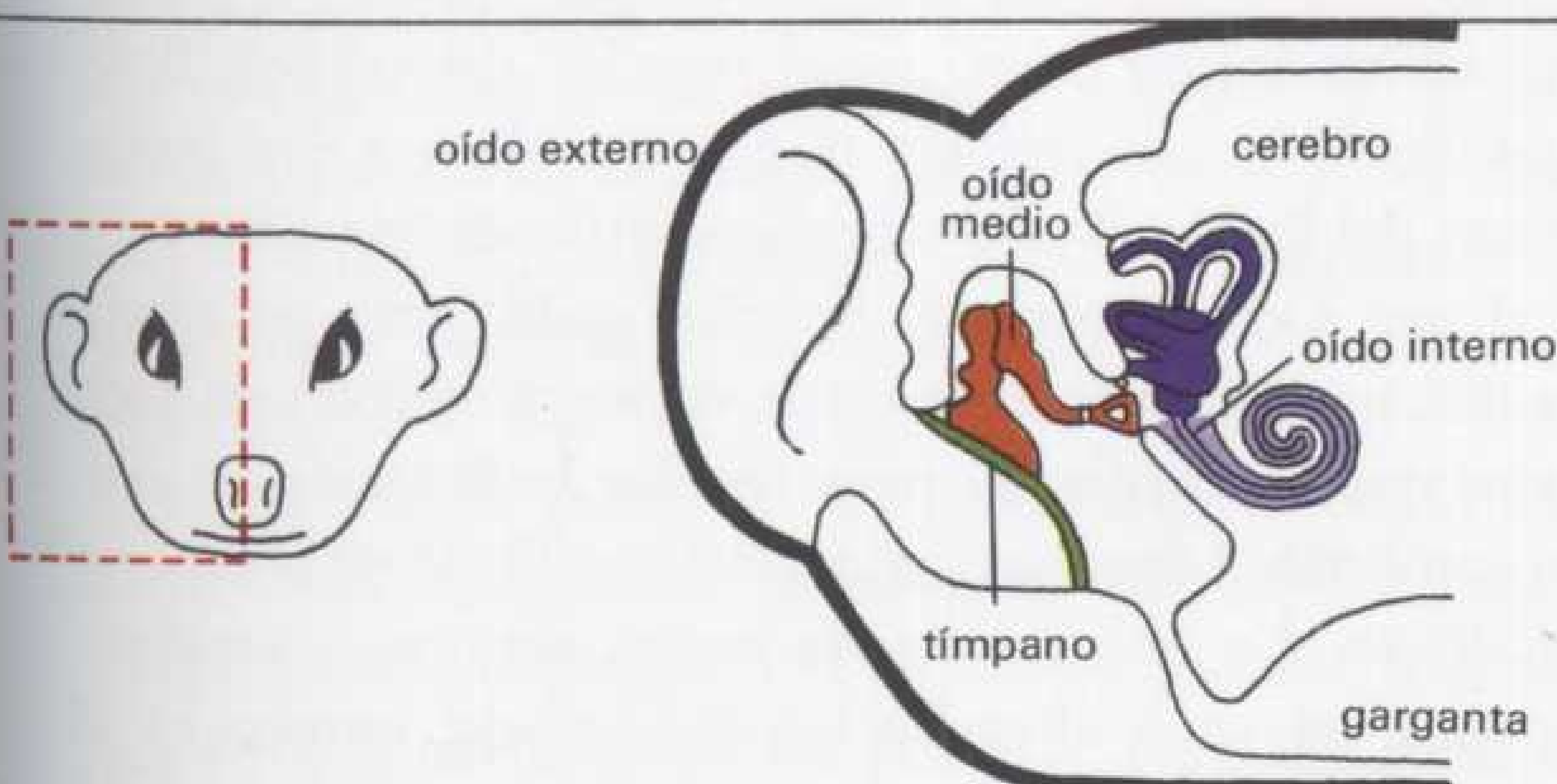
En el hombre el cerebro medio y el interno no han crecido mucho comparativamente con el cerebro exterior. Este, con el encéfalo, domina el cerebro, y casi todas las funciones cerebrales –la más importante de las cuales es el pensamiento abstracto– se centran en esta parte del cerebro.



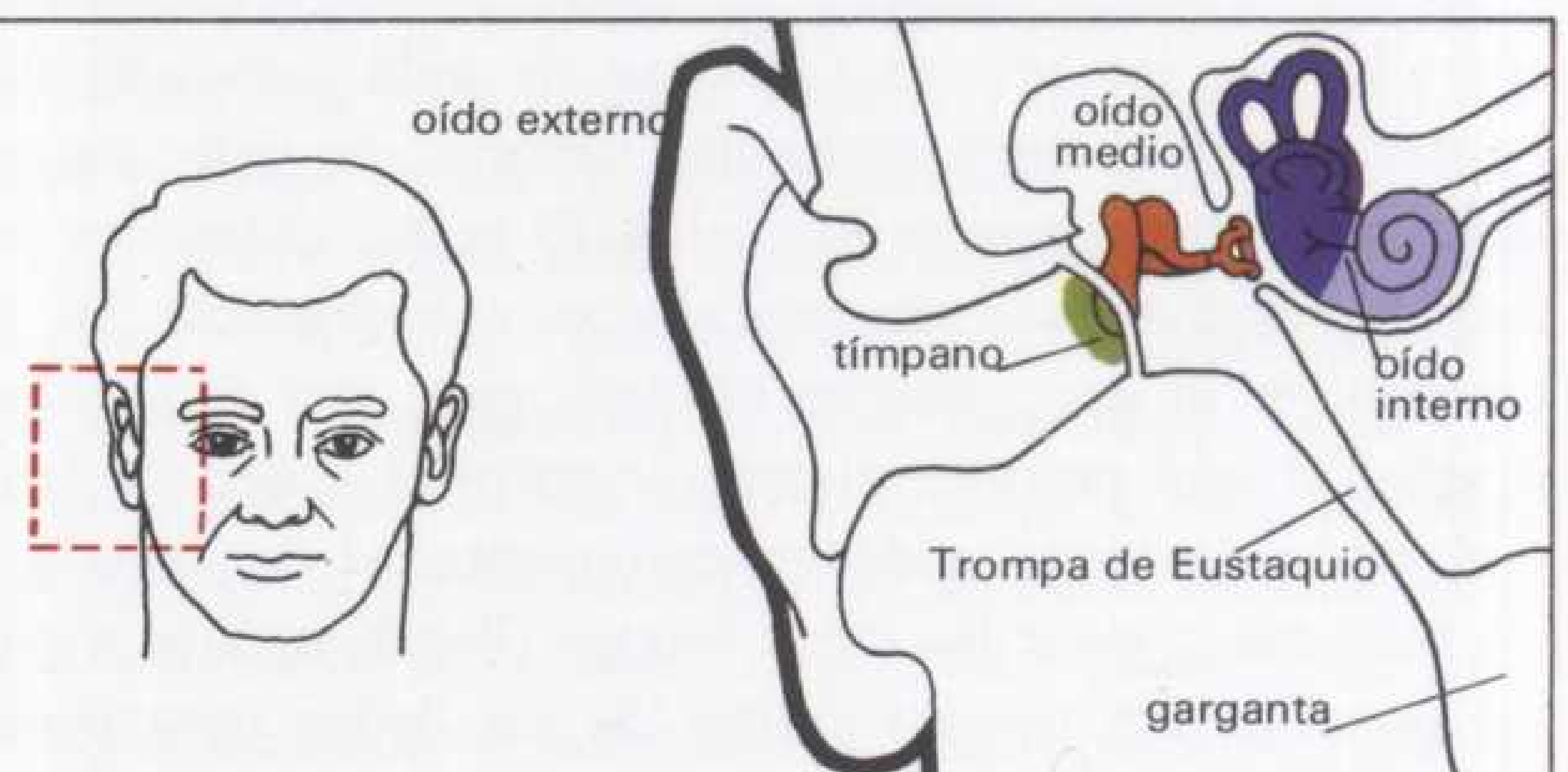
Los mamíferos utilizan el olfato para identificar sus presas. Numerosas cavidades calientan y humedecen el aire y ayudan a descargar el exceso de calor corporal. Un paladar secundario, entre las cavidades nasal y bucal, permite que se pueda mascar y respirar simultáneamente.



El hombre puede masticar y respirar al mismo tiempo, pero su sentido del olfato ha quedado bastante reducido. Según muchos científicos, la razón de ello estriba en que sus antepasados primates, que vivían en los árboles, dependían más de la visión que del olfato para sobrevivir.



En los mamíferos los huesos que formaban la juntura de la mandíbula de los reptiles se han movido hacia adentro (marrón) para convertirse en una parte del oído medio, que actúa como un amplificador. El oído interno (violeta) tiene en ellos un tubo en espiral, el caracol (violeta claro).



El oído del hombre consiste en un oído externo (a la derecha) que recoge los sonidos, un canal auditivo que lo conduce hasta el tímpano (verde), un oído medio que consta de tres partes (marrón), y un oído interno (violeta) que diferencia las frecuencias y pasa la información al cerebro.

lugar de estar colocados a los lados de la cabeza, se han movido hasta la parte anterior de la cara y miran directamente hacia adelante, al igual que los del hombre y de otros primates superiores. De este modo los campos de visión de ambos ojos coinciden y permiten al tarsios la observación de su mundo en profundidad a través de una visión estereoscópica. Los ojos de los monos, y de todos los demás primates superiores, están equipados normalmente con la fóvea, la sección de la retina del ojo que proporciona una minúscula área de aguda y coloreada visión, en el centro de una más amplia y más pálida vista, proporcionada por el resto de la retina.

El gran desarrollo de la visión, producido con la vida en los árboles, estimuló también el desarrollo del cerebro. En realidad, el cerebro se ha ido desarrollando a lo largo de miles de millones de años como respuesta a las exigencias de los sentidos, puesto que la señal de una sensación debe conducir a una reacción en el interior de algún centro de control. Los ojos captan imágenes visuales, pero es el cerebro el que "ve" la imagen. El primer sentido que se desarrolló fue el del tacto; incluso los más simples animales unicelulares lo utilizan para coger su alimento, "tragando" las partículas contra las que chocan o a las que rozan. Igualmente se puede decir que la misma aparición de las primeras formas de vida dependió del "tacto" químico entre moléculas carentes de vida que se hallaban en las aguas primigenias. El tacto, altamente refinado, sigue siendo un sentido muy importante en el hombre: es el que capacita al ciego para leer el sistema Braille; el que permite distinguir entre el *tweed* de lana y el satén de seda, y, desgraciadamente, el que ayuda a los ladrones a abrir las cajas fuertes (llegan incluso a pasar papel de lija por las yemas de sus dedos para hacer más sensibles al roce los nervios de la superficie de la piel). Pero el tacto actúa únicamente al producirse el contacto –a distancia cero entre el receptor de la cosa que ha de ser detectada–. Como herramienta para descubrir comida y reconocer amigos o enemigos, el tacto es sobrepasado por el olfato, que actúa a distancia.

El olfato es una forma especializada de tacto, puesto que depende del contacto entre moléculas olorosas, en el aire o en el agua, y las terminaciones de nervios sensitivos enclavados en la nariz y en la boca. Por el tiempo en que los peces habían alcanzado su completa evolución, el sentido del olfato estaba ya bien desarrollado y las células nerviosas que recibían las señales habían originado bulbos olfatorios en la parte delantera del pequeño cerebro. El olfato es un sentido extraordinariamente agudo en peces actuales, como, por ejemplo, el salmón, que depende de él para hallar su camino a lo largo de cientos de kilómetros río arriba, hasta encontrar el lugar donde debe depositar sus huevos. El sentido del olfato en el hombre es también más delicado de lo que en general se supone: puede detectar algo tan diminuto como la treinta y dos millonésima de una mil millonésima parte de una onza de almizcle. (Sin embargo, la sensibilidad olfativa del hombre es sobrepasada por la de una polilla macho, que puede oler a una hembra a una distancia de 11 km, respondiendo a una cuatromillonésima de una mil millonésima parte de una onza de atrayente sexual.)

El hombre debe también al pez su sentido del oído. Este se desarrolló evidentemente en los primitivos peces sin mandíbulas, a modo de sistema de equilibrio, y consistía en un hueco curvo en el interior del cráneo, lleno de un fluido y con células que respondían a los movimientos del fluido. Todo este dispositivo servía para ayudar al pez a mantener una marcha igual, pero no servía para oír; no obstante, más tarde el pez desarrolló un saco de aire que fue utilizado para regular la flotación, y este saco convirtió el órgano original del equilibrio en un aparato auditivo. La presión de las ondas sonoras –sonidos– al golpear el saco alteraba los fluidos del cuerpo en el interior del pez, y los movimientos de estos fluidos del cuerpo afectaban al órgano del equilibrio.

Este dispositivo auditivo actuaba a la perfección para los peces, pero cuando los anfibios tuvieron que escuchar en el aire, surgió el problema que los ingenieros denominan impedimento por desajuste. Las ondas sonoras en el

aire debían determinar ahora una respuesta en un órgano de escucha que estaba lleno de líquido –como todavía sucede en el hombre–. Las terminaciones nerviosas humanas que transmiten el sonido al cerebro están sumergidas en un fluido que se halla en el caracol del oído interno. La solución a este problema aire-fluido consistió en el desarrollo de tres de los más delicados huesos del cuerpo humano –martillo, lenticular y estribo del oído medio, los cuales, junto con una nueva estructura, el tímpano, convierten en sonido las ondas del aire que hacen vibrar el tímpano, el cual, a su vez, ejerce una presión ondulatoria sobre el fluido del caracol–. El oído medio humano es el producto final de una larga y compleja serie de pasos en la evolución: su cavidad ha evolucionado desde una de las ranuras de las branquias de los peces, y sus tres huesecillos cruciales evolucionaron a partir de los huesos de la mandíbula del pez.

Los quiebros de la evolución, que convirtieron un órgano de equilibrio de los peces en un instrumento tan complicado como el oído humano, dieron al hombre un sentido extremadamente delicado, y el oído se convirtió finalmente en uno de los más importantes sentidos humanos –un niño sordo de nacimiento tiene grandes dificultades para aprender a hablar, y su falta de facultades para comunicarse puede mantenerle apartado de la sociedad humana–. Sin embargo, no es el oído, ni el olfato, sino la visión el determinante de la gran expansión del cerebro que elevó al hombre por encima de los demás animales.

Para la mayor parte de los mamíferos el olfato es el sentido más importante; olfatean su camino a través de la vida, ya que dependen del olfato para lograr la comida y para salvaguardarse de los peligros. Pero a medida que los primates evolucionaban, su sentido del olfato se empobrecía, mientras que su visión aumentaba y su cerebro se modificaba para estar de acuerdo con el flujo de información que llegaba hasta él por medio de los ojos. La combinación de manos hábiles y de excelente visión, utilizada sin cesar, contribuyó a dar a los monos cerebros comparativamente grandes, de modo especial la porción frontal, en la que reside la inteligencia. El cráneo se combó hacia adelante para dar acomodo al cerebro, proporcionando así a la cara del mono el aspecto humano que tanto fascina a unas personas y tanto disgusta a otras.

Los primitivos primates, parecidos a los lemúridos y a los tarsios de grandes ojos, proporcionaron contribuciones enormemente importantes al desarrollo del cuerpo humano, y sus más próximos parientes, los simios, llevaron este progreso todavía más lejos. Por su estructura y facultades, los cerebros de los actuales simios se aproximan extraordinariamente a los del hombre. Como los del hombre, están provistos de una generosa cantidad de "materia gris" que recubre la arrugada superficie cerebral. Con su cerebro, tan semejante al del hombre, se produce también el inicio de una memoria parecida a la humana, e incluso el poder de razonar. Los chimpancés cautivos son particularmente aficionados a resolver los problemas ideados para ellos por los psicólogos con dedicación expresa a los animales.

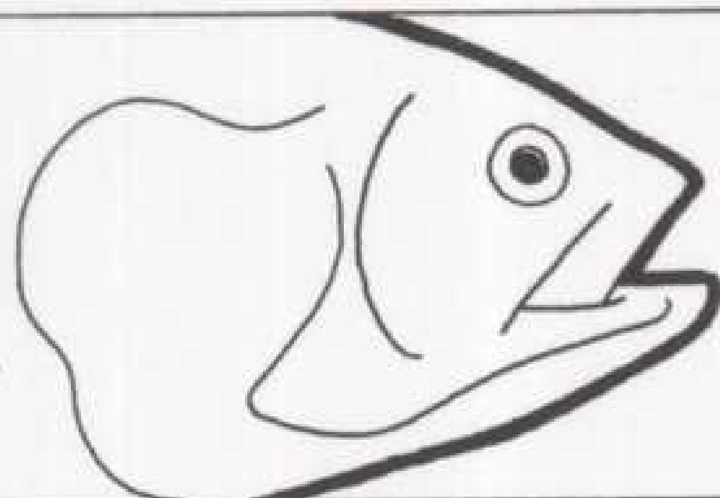
Sin embargo, a pesar de todas estas características semejantes a las del hombre, los simios nunca lograron superar el rasgo crucial que hace del cuerpo humano un elemento único en la tierra: la capacidad de caminar erguidos, sobre sus dos pies, durante toda la vida; mas algún antiguo pariente de los simios antropoides sí lo logró.

La postura erecta puso al hombre simio en el camino de convertirse en un verdadero hombre. Esta postura dejó sus manos libres para desarrollar una mayor capacidad de manipulación, lo que acarreó una tarea más compleja a la visión. Y la interacción de todas estas mejoras estimuló un mayor crecimiento del cerebro. A partir de aquí ya no se necesitaron mayores mejoras en la estructura del esqueleto, tan sólo pequeños cambios en las proporciones, tales como el alargamiento de las piernas. La construcción física del cuerpo humano –que se inició hace mil millones de años con una simple y blanda criatura compuesta por un tubo que se extendía a lo largo de toda su estructura– quedaba, pues, completa.

La expresión facial

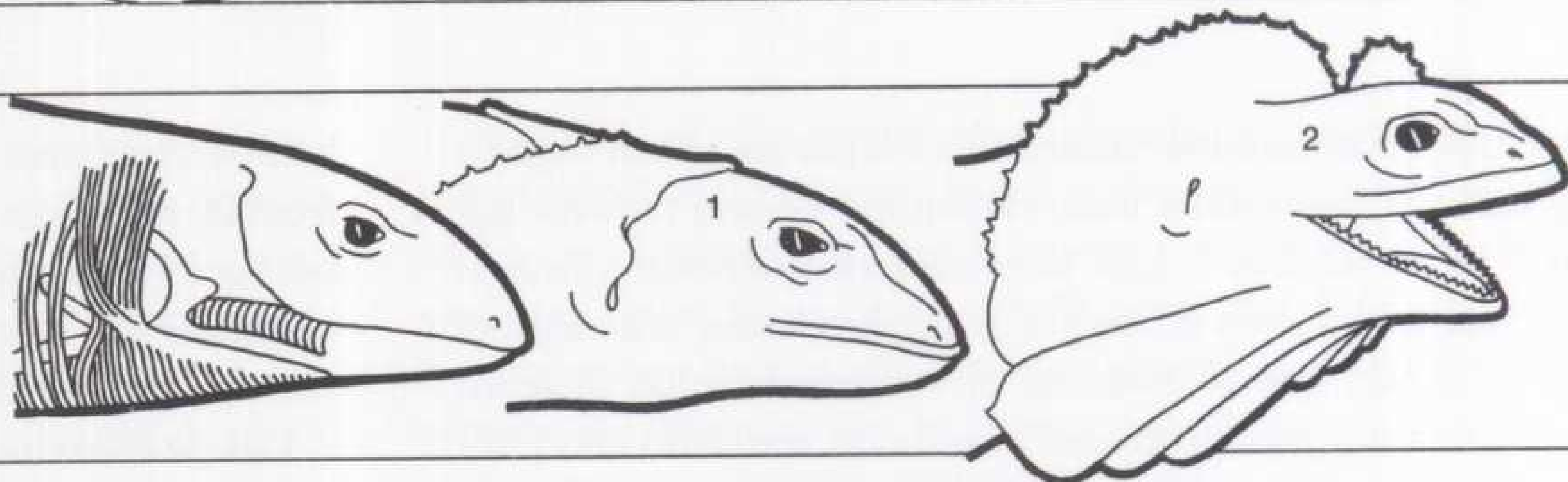
Estos dibujos muestran de qué modo han evolucionado las expresiones faciales –y los músculos que las producen– desde la inexpresiva máscara del pez hasta la elocuencia de la siempre cambiante cara del hombre.

El celacanto, pez actual descendiente de un pez primitivo, carece de los músculos faciales que hacen posible a criaturas más evolucionadas expresar temor, hostilidad, y, entre animales más desarrollados, incluso alegría.



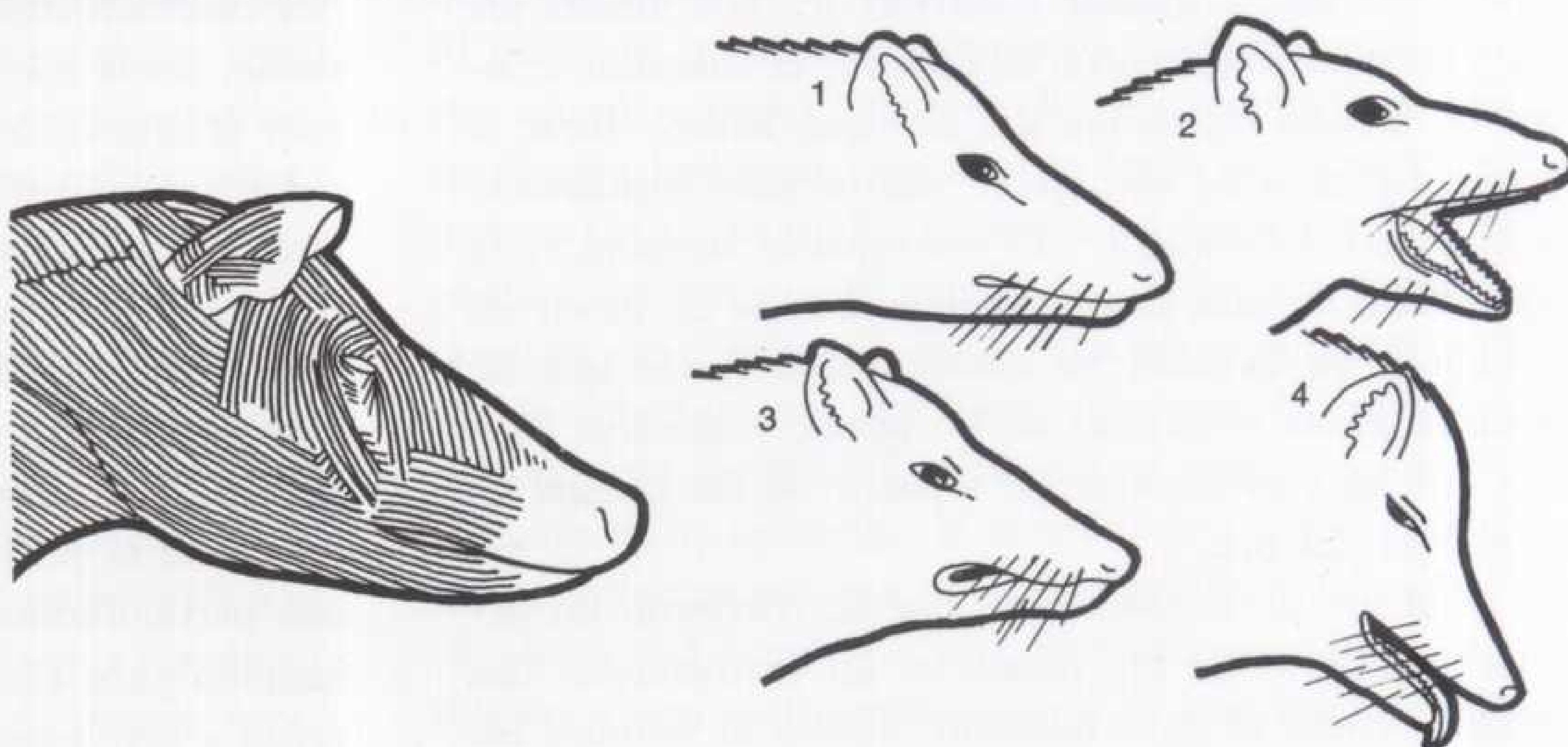
Un reptil capaz de comunicación facial, el lagarto clamidosaurio, utiliza unos músculos (líneas finas) que son una modificación de los del lagarto típico (extremo derecha) cuando corre un riesgo.

1. Normal
2. Amenaza



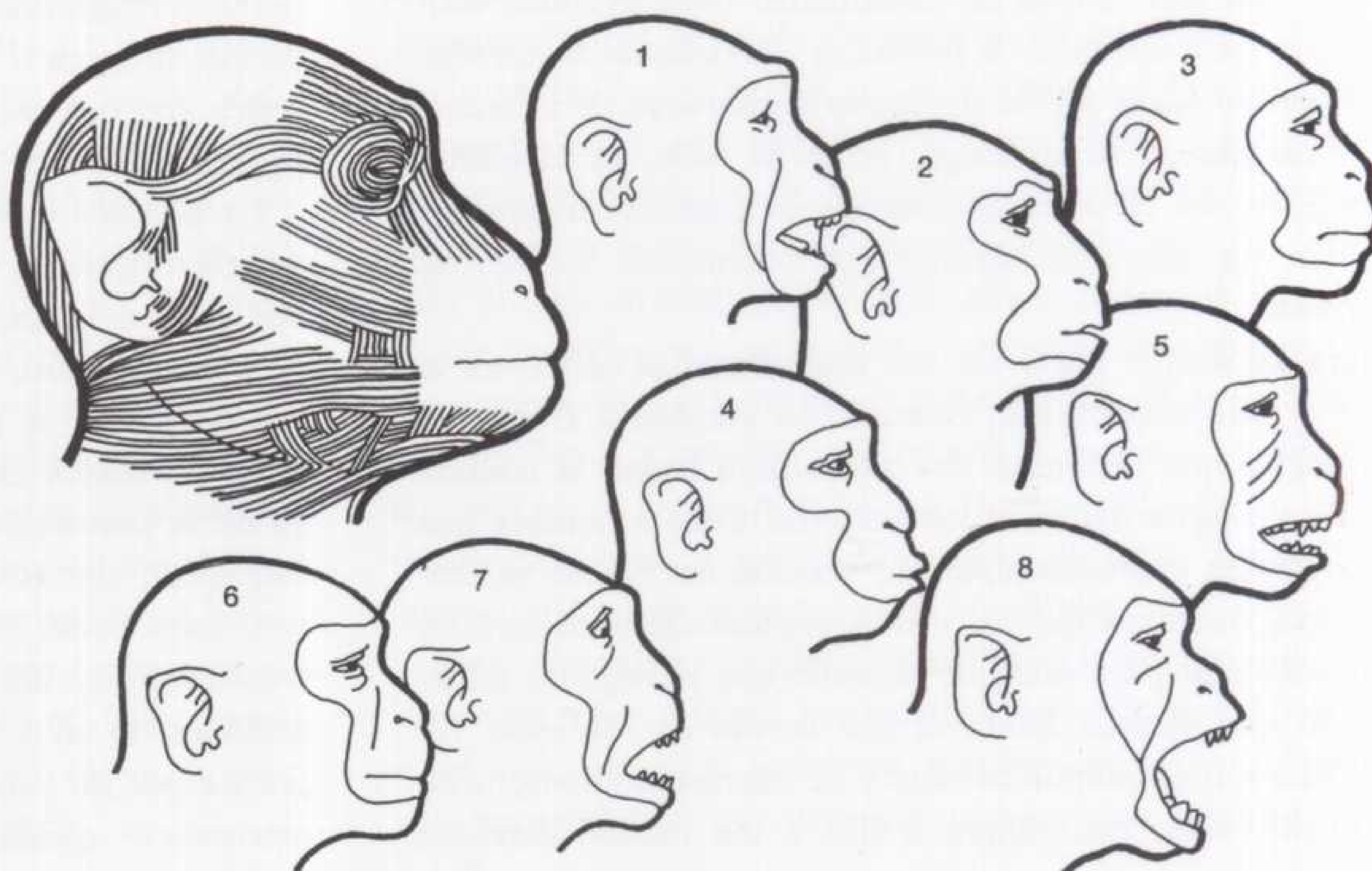
A medida que los mamíferos van evolucionando, los tejidos musculares se diferencian hasta cubrir la cara con la móvil máscara característica del grupo. El oposum, o zarigüeya americana, aquí diseñado, mamífero relativamente primitivo, puede utilizar sus músculos bastante sencillos para expresar amenaza cuando se alarma, fiereza cuando le atacan y compone una expresión exangüe para hacerse el muerto.

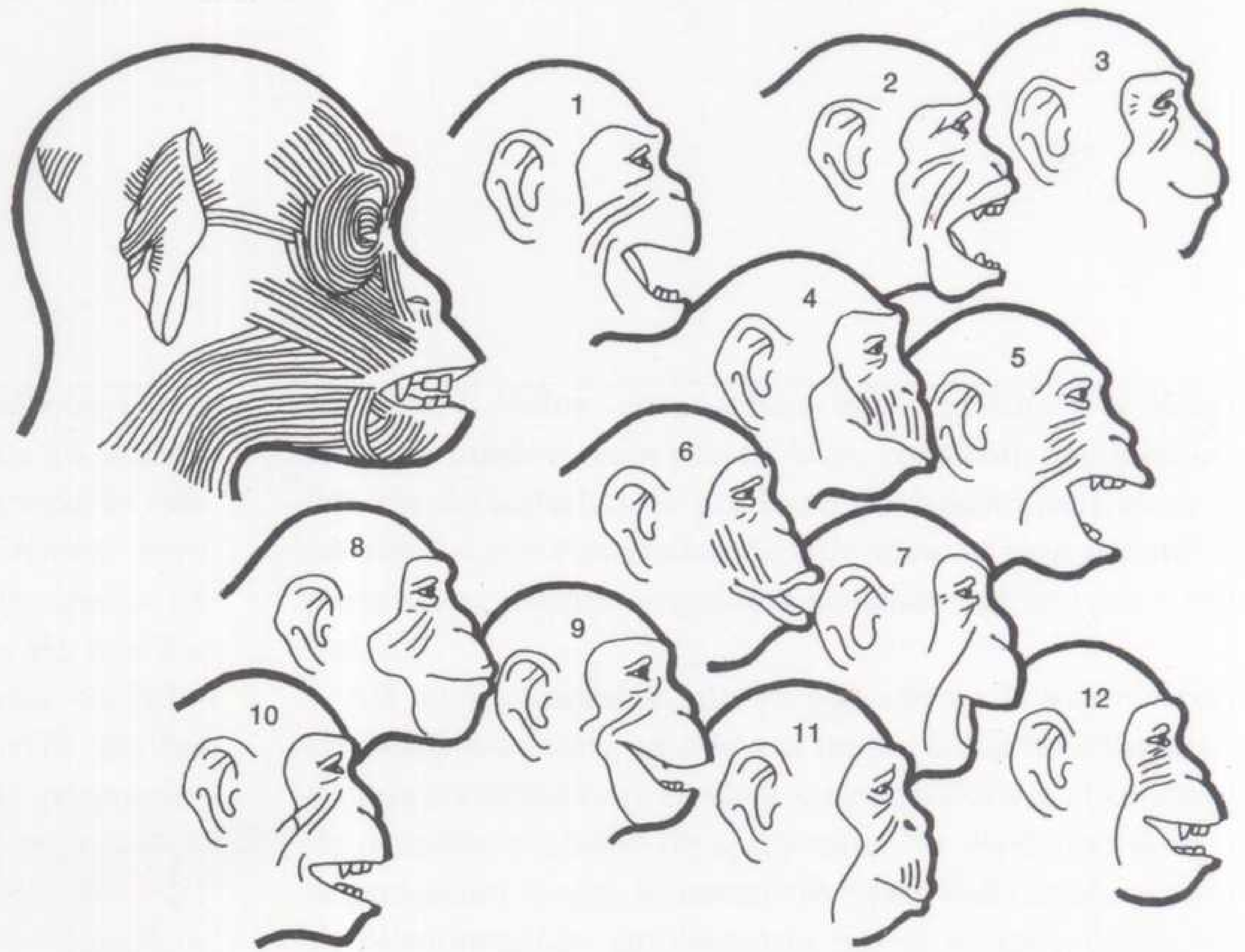
1. Normal
2. Amenaza fuerte
3. Suave amenaza
4. Finge estar muerto



Entre los primates, los músculos del rostro se hacen mucho más especializados, y permiten una más compleja combinación de mejillas y boca en posiciones que imparten los precisos mensajes que una vida social requiere. Un mono rhesus sorprendido, reacciona primero con una suave amenaza, como el opossum, pero cuando conoce que ha sido sobresaltado por un enemigo o por un amigo, su cara puede adoptar otras expresiones, según convenga.

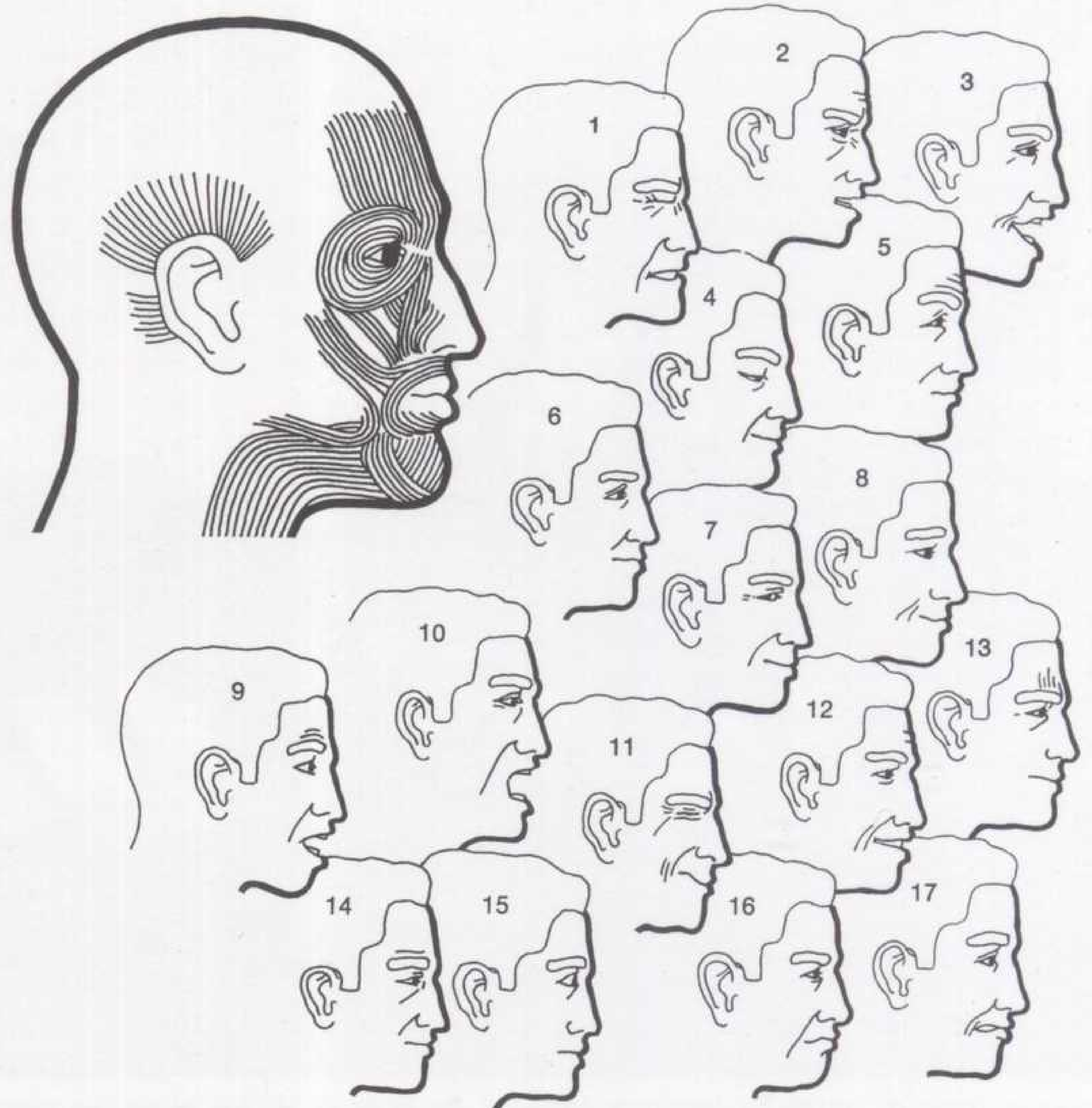
1. Suave amenaza
2. Desesperación
3. Pesadumbre
4. Chasqueo de labios
5. Mueca de burla
6. Normal
7. Horror
8. Amenaza fuerte





Los muy inteligentes chimpancés se comunican no sólo por necesidad, sino simplemente porque a veces les divierte intercambiar comunicaciones con sus camaradas. Están equipados con un complejo de músculos faciales mucho más rico que el de los demás primates –sobre todo en torno a los ojos, frente y boca–. Un chimpancé puede expresar no sólo reacciones básicas, como enfado o terror, sino también una gran variedad de información factual y emocional, requerida por un género de vida de carácter marcadamente sociable.

1. Lloriqueo de tristeza
2. Susto
3. Asombro
4. Atención
5. Furor
6. Grito de excitación
7. Diversión
8. Normal
9. Hilaridad
10. Temor
11. Terror
12. Sonrisa divertida



Una serie de músculos especializados –casi todos ellos pares– controlan el elocuente repertorio de expresiones faciales del hombre. Dos pares corren a lo largo de los lados de la nariz para levantar los labios y la nariz en gesto de incredulidad (dibujo 13) y otro para levantar la boca en una sonrisa (3). La banda muscular que recorre la frente es uno de los pocos músculos sin pareja que produce expresiones faciales.

1. Dolor silencioso
2. Escepticismo
3. Hilaridad
4. Interés burlón
5. Pregunta burlona
6. Normal
7. Amenaza en broma
8. Diversión
9. Sorpresa
10. Dolor agudo
11. Travesura
12. Amargura
13. Incredulidad
14. Concentración
15. Miedo
16. Cinismo aburrido
17. Rabia

Capítulo quinto: El poder del grupo



Aunque se trata de animales fuertes y audaces, los oryx de Africa viven, no obstante, en grupos sociales. Aquí vemos un rebaño.

Cada hombre se complace en pensar en sí mismo como un ser único e independiente, aislado de todos los demás individuos humanos y capaz, si las circunstancias lo exigen, de salir adelante sin necesidad de los demás. Pero no es así. Los seres humanos necesitan la compañía de otros seres humanos, es decir, ser miembros de una sociedad humana. Únicamente bajo circunstancias verdaderamente excepcionales consigue un hombre vivir sin los vitales beneficios que sólo la sociedad puede proporcionarle –comida, refugio, protección, cooperación, información y simple compañía–.

El hombre más famoso que consiguió vivir en completo aislamiento durante cierto tiempo fue Alexander Selkirk, el marino que sirvió de modelo a Daniel Defoe para su personaje de ficción Robinson Crusoe. Pero Selkirk fue capaz de sobrevivir a su experiencia de soledad en una isla desierta gracias a que ésta estaba ubicada en un punto que puede considerarse ideal: la isla de Juan Fernández, distante 700 km de la costa de Chile y donde Selkirk fue abandonado en 1704 tras una querella con el capitán de su barco, era bastante fértil, gozaba de un clima suave y carecía de animales feroces; además, en ella había cabras, que Selkirk logró atrapar, obteniendo de ellas alimento y vestidos. Por otra parte, tenía consigo sus posesiones personales, entre ellas artefactos tan útiles y tan propios de una sociedad muy evolucionada como un fusil y municiones. E incluso en tales condiciones, sufrió horriblemente a causa de su soledad (Viernes, el compañero del náufrago, fue una invención de Defoe), y cuando fue rescatado, después de cuatro años y cuatro meses de abandono, hablaba incoherentemente. En un lugar menos favorable, Selkirk lo habría pasado mucho peor.

Pero además de la necesidad que tiene el hombre de estar en compañía de otros individuos, hay en él una necesidad de otro tipo de asociación, más interna que externa. Cada ser humano es en sí mismo una sociedad de billones de células que actúan en cerrada cooperación, algunas de las cuales parecen y actúan como animales independientes unicelulados, como lo que fueron sus antepasados. E incluso estas células que constituyen el cuerpo humano pueden, cada una de ellas, constituir también una especie de sociedad, el producto de órdenes inferiores de asociación entre unidades de vida todavía más primitivas parecidas a células singulares semejantes a su vez a bacterias.

Así pues, el hombre, que se considera a sí mismo como un individuo único, es a la vez un participante obligatorio de una sociedad muy elevada y desarrollada y el producto de primitivos niveles de asociación. Su dependencia de la organización social le cuesta libertad individual, pero se ve recompensado ampliamente por el enorme poder que le proporciona la vida dentro del grupo. Por sí solo, el hombre puede ser física y mentalmente superior a cualquier otro animal, pero sus ventajas individuales no le proporcionan predominio alguno; sólo gracias al desarrollo de la sociedad humana llegó el hombre a dominar la Tierra.

Las organizaciones sociales del hombre –familia, horda de caza, pueblo, tribu, nación– surgieron de sus propias y específicas cualidades, y no se puede decir que se hubiesen desarrollado siguiendo el modelo de asociación de otros animales. No obstante, se ha comprobado que la mayoría de los elementos de la sociedad humana existen en otras sociedades; de modo que la vida animal, e incluso la vegetal, pueden arrojar luz sobre numerosas características de la vida humana. Así pues, ha sido posible explorar el desarrollo de las organizaciones sociales sobre la Tierra, a lo largo de millones de años, gracias, en parte, al estudio de las huellas de vida organizada descubiertas en los fósiles, y en parte deduciendo los primitivos modelos de asociación de los que hoy en día se hallan en vigencia, tanto en los organismos primitivos como entre los más desarrollados.

En cierto sentido, la vida depende de una asociación organizada. Las primeras cosas vivientes aparecieron cuando ciertas sustancias químicas fueron organizadas según un patrón que les permitió reproducirse por sí mismas,

generación tras generación *(capítulo segundo).* Durante unos dos mil millones de años, cada una de estas agrupaciones microscópicas de organismos constituyó una unidad de vida independiente, que sobrevivía sin la asistencia de sus vecinas. De acuerdo con una teoría del siglo XIX acerca de la evolución de las células, teoría expuesta de modo más convincente en los últimos años, el primer paso hacia la vida social se produjo cuando dos unidades de vida distintas unieron sus fuerzas y se hicieron interdependientes para sobrevivir –tipo de existencia que los científicos denominan simbiosis–. Este gran paso hacia más complejos y desarrollados modos de vida tuvo lugar hace algo así como mil millones de años, cuando las aguas de la Tierra estaban pobladas por microorganismos muy simples y unicelulares semejantes a bacterias. Había muchísimas clases de tales organismos, puesto que habían estado evolucionando durante más de dos mil millones de años. Algunos de ellos nadaban mediante flagelos; otros flotaban pasivamente en las aguas, absorbiendo el alimento disuelto en ellas a través de las paredes de sus cuerpos. Una clase de estos microorganismos, las algas verdiazules, habían adquirido gradualmente la facultad de obtener del agua su alimento, el anhídrido carbónico, y la energía de la luz solar, a través de un proceso denominado fotosíntesis. El oxígeno liberado durante este proceso se fue acumulando lentamente en la atmósfera, en donde antes no había nada.

Esta producción de oxígeno originó una de las mayores crisis en la historia de la vida, pero una crisis que hizo posibles los procesos evolutivos que finalmente condujeron hasta el hombre moderno y la sociedad actual. Para la mayoría de las criaturas que vivían en aquellas épocas remotas, el oxígeno libre constituía un veneno mortal. Sin duda, algunas especies murieron a medida que el oxígeno invadía las aguas en que vivían. Otras se retiraron a vivir en los fangos libres de oxígeno, donde sus descendientes siguen viviendo. Unos pocos se las arreglaron para adaptarse a aquel gas, nuevo y dañino, consiguiendo no sólo que no les perjudicase, sino que además lograron utilizar la energía que éste liberaba al reaccionar con su alimento –el carbono contenido en los compuestos del azúcar presentes en el agua–. Puesto que esta reacción carbono-oxígeno libera mucha mayor cantidad de energía de lo que hacían los procesos vitales anteriores, estos usuarios del oxígeno libre se convirtieron en los seres más eficaces de la Tierra.

Finalmente sucedió algo extraordinario. De acuerdo con la teoría de la simbiosis de la evolución celular, una gran bacteria, acostumbrada al modo anterior de vivir, sin oxígeno, se unió con uno o más de los usuarios de oxígeno del nuevo estilo. Estos usuarios de oxígeno penetraron en el cuerpo de la bacteria sin dañarla, y asimismo la bacteria no dañó a sus huéspedes al digerirlos. Desde este momento en adelante, los organismos vivieron juntos en la igualitaria asociación de la simbiosis. Las grandes células absorbieron alimento carbónico parcialmente, utilizándolo como antes, mientras que las células de menor tamaño, hospedadas en el interior de la grande, combinaban el alimento parcialmente arruinado de su anfitrión con oxígeno, para producir energía adicional para ambas.

Este poderoso suplemento de energía, procedente del oxígeno libre, convirtió al primero de estos consocios simbióticos en algo mucho más eficaz que las demás células solitarias carentes de socios, pero las posibilidades de la nueva forma de vida para moverse eran muy limitadas (probablemente tan sólo flotaba). Este defecto pudo haberse corregido cuando muchas bacterias semejantes a filamentos –como las modernas espiroquetas, cuyos cuerpos se agitan rápidamente– se sujetaron en la parte exterior de la célula compuesta. Estas bacterias obtenían energía y alimento de su anfitrión, mientras que el vigoroso movimiento de sus cuerpos hacía posible que lo que ahora se había convertido en una sociedad de tres consocios pudiese moverse rápidamente dentro del agua en busca de comida. Esta recién adquirida movilidad, respaldada por una plenitud de energía, convirtió a estas células compuestas en el terror de un mundo formado por células simples.

Las colas en forma de látigos, o flagelos, que todavía actúan a modo de motores fuera borda para muchos microorganismos, tal vez no sean las únicas contribuciones que las bacterias semejantes a filamentos hicieron a las células compuestas. Mientras que el flagelo se quedaba en la periferia de la célula anfitriona, donde actuaba a modo de propulsor, una parte pudo haber penetrado en el interior de esta célula y contribuir a la evolución del núcleo, que llegó a controlar la reproducción de la célula.

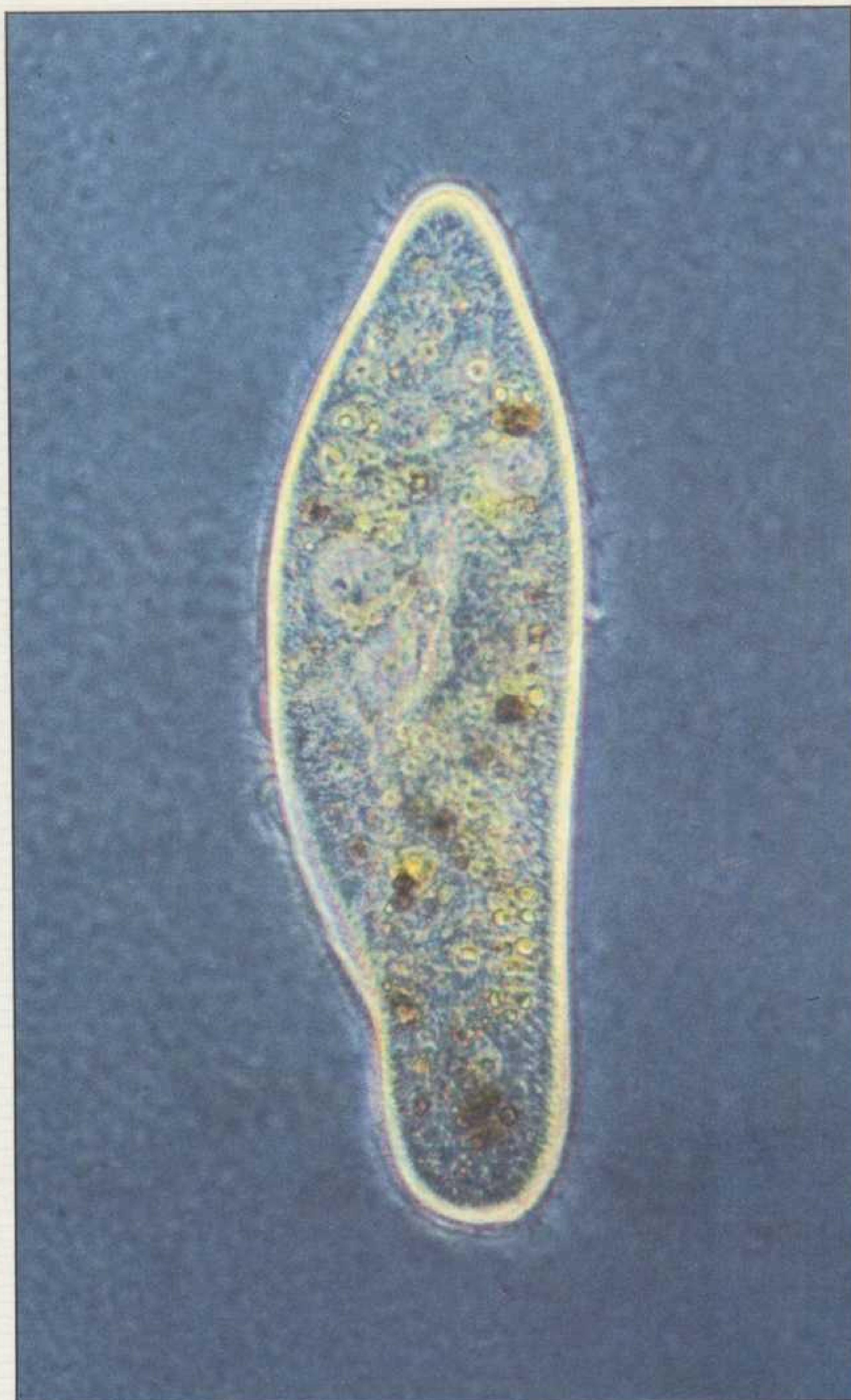
La mayor parte de estas ideas han sido calurosamente debatidas. Muchos científicos opinan que no existen suficientes pruebas para mantener esta explicación acerca de la evolución de las células más complicadas. Pero sea como fuere que se desarrollase el núcleo, éste fue tan importante que los biólogos distinguen entre células semejantes a bacterias procariotas (prenucleares), que evolucionaron durante el largo tiempo en que la atmósfera de la Tierra adquiría lentamente su oxígeno libre, y células eucariotas (verdaderamente nucleares), que fueron posibles, si la teoría simbiótica es correcta, cuando las células procariotas de las tres clases mencionadas se unieron en asociación. En cualquier caso, las células eucariotas se hicieron predominantes, y todos los animales modernos, incluido el hombre, descienden de ellas.

Aunque este experimento eucariota de vida en asociación produjo al principio tan sólo organismos unicelulares, demostró ser verdaderamente útil. Las células eucariotas se fueron especializando rápidamente, y evolucionaron hasta crear innumerables formas que explotaron todos los modos posibles de mantenerse vivos.

Algunas nadaban rápidamente, otras con lentitud; algunas serpenteaban sobre superficies sólidas, otras permanecían quietas esperando tranquilamente a que la comida se posara ante ellas. La mayoría siguieron siendo microscópicamente diminutas, pero unas pocas crecieron hasta un tamaño susceptible de ser percibido por el ojo humano, si éste hubiese estado presente. Algunas de estas formas unicelulares provistas de núcleo se hicieron extremadamente complicadas. Los ejemplares modernos tienen sentidos de gusto y tacto, e incluso de vista (o por lo menos de sensibilidad a la luz). Algunos tipos, tales como el paramecio, tienen bocas bien proyectadas y un sistema digestivo y de eliminación de deshechos. Nadan impulsados por innumerables cilios (pequeños flagelos que se mueven al unísono). Cuando encuentran un obstáculo, los cilios se mueven en sentido inverso, haciendo que el organismo retroceda. Así pues, tal vez tienen algo parecido a un sistema nervioso que sincroniza los cilios.

El único obstáculo que estos pequeños depredadores no superaron fue la pequeñez de su tamaño, una limitación naturalmente inherente a los organismos unicelulares. Conseguían la cantidad de oxígeno necesario por simple difusión del agua a través de su membrana celular. Cuanto más grande se hacía la célula, más cantidad de oxígeno necesitaba y más difícil le resultaba llevar el oxígeno hasta su interior. Es concebible que podían haber desarrollado algún sistema que hubiese llevado el oxígeno a la célula de un modo más eficaz; así, animales unicelulares más grandes hubiesen podido recibir todo el oxígeno requerido; pero hasta donde alcanzan nuestros conocimientos, este tipo de adaptación nunca apareció. En lugar de ello, para conseguir las múltiples ventajas competitivas propias de un tamaño más grande, algunos animales unicelulares utilizaron otro tipo de asociación. En esta época había células de la misma especie que formaron asociaciones, se hicieron interdependientes y formaron animales pluricelulares. Los superorganismos originados por este procedimiento son denominados metazoos. Hormigas, elefantes, ratones y hombres son metazoos. Todos ellos son superorganismos de células asociadas.

La mayoría de los biólogos tiene poco que decir acerca del origen de los metazoos. Positivamente lo ignoran todo acerca de su formación y ni siquiera esperan alcanzar algo mejor acerca de este tema que hipótesis ligeramente convincentes. El gran acontecimiento ocurrió en la era Precámbrica, que acabó hace 600 millones de años, y todos los organismos que participaron en él eran microscópica-



La estructura de este microorganismo unicelular –un moderno paramecio, que, según se cree, es muy similar a las formas antiguas– presenta ya características especializadas, al igual que las células del complejo cuerpo humano. El paramecio tiene dos núcleos para controlar la reproducción (uno, grande, a la derecha del centro, y otro, pequeño, que no se ve, junto a éste) y una enorme cantidad de cilios, semejantes a pelos, bien para propulsar al organismo a través del agua, bien para introducir comida en el cuerpo.

mente diminutos y de cuerpos tan blandos que hay muy pocas posibilidades de que dejasen fósiles significativos. Desde luego, no se ha descubierto ninguno hasta ahora. Lo más que pueden hacer los biólogos es estudiar los más simples metazoos modernos, con la esperanza de poder determinar de qué modo el primero de ellos surgió a partir de los animales unicelulares.

Una hipótesis sostiene que los primeros metazoos se desarrollaron a partir de formas unicelulares provistas de pequeños cilios móviles y de varios e incluso muchos núcleos. Una célula se partía en secciones; cada una de ellas dotada de su propio núcleo, y así se crearon organismos multicelulares.

Otra hipótesis, más ampliamente aceptada, sostiene que los metazoos no se originaron por división de una célula en varias, sino por la asociación de organismos unicelulares flagelados en colonias. Tales colonias de organismos unicelulares existen actualmente. En ciertos casos las células permanecen esencialmente inalteradas; si se separan pueden tener vidas independientes y formar nuevas colonias dividiéndose normalmente. En otros casos, las células han renunciado a su independencia y han asumido una función determinada en el organismo multicelular, de modo que la vida independiente resulta ya imposible para ellas.

La forma de vida en colonias mejor conocida, y que parece tener cierta especialización entre sus células, es la del vólvox, una hermosa y verde esfera hueca de 1 mm de diámetro, ligeramente alargada, que nada en el agua girando alegremente sobre sí misma. El vólvox contiene clorofila, y por tanto puede ser clasificado como un vegetal verde, pero a este nivel de vida no existe una línea divisoria clara entre vegetales y animales. Muchos de estos organismos inferiores actúan como plantas, ya que dependen parcialmente de la fotosíntesis, pero por otra parte se mueven y alimentan como animales. Así pues, al tratar del vólvox, tal vez es mejor olvidar por el momento sus características vegetales.

El vólvox está constituido con una única capa de célu-

las que son casi exactamente iguales que las de los flagelados que viven libremente, organismos unicelulados que nadan mediante flagelos. Normalmente, cada una de las células está sujeta con firmeza a la esfera que constituye el vólvox, con sus flagelos dirigidos hacia afuera; pero si una de ellas se separa de la esfera, nada alegremente en torno a ella como si se sintiese feliz de vivir libre; no obstante, esta célula no puede reproducirse, y, después de cierto tiempo, muere. El vivir formando parte del vólvox le ha costado perder algo de la independencia de un organismo unicelulado.

En realidad, el organismo vólvox controla sus células constitutivas de varios modos. Él hace que todos sus flagelos se muevan al unísono, de modo que muevan la esfera en el agua, y de vez en cuando cambia el sentido de su giro. Tan sólo algunas células toman parte en la reproducción. El vólvox posee en cierto grado dos de las principales características de un metazoo: sus células se han especializado, siquiera sea ligeramente, y todas colaboran en pro del bienestar del organismo como un todo –de modo semejante a como actúan las células del cuerpo humano–.

No todos los metazoos descienden necesariamente de algo parecido al vólvox. El hábito de formar colonias es bastante común en el mundo de los seres unicelulares, de modo que muchos científicos creen que la frontera entre las células independientes unicelulares y los grupos organizados de células se entrecruzó en numerosas ocasiones, lo cual hace posible que clases distintas de animales multicelulares desciendan de diferentes tipos de células formadoras de colonias. Y desde luego, numerosas humildes formas de vida actuales no saben a que línea de la frontera pertenecen. Entre éstas se hallan ciertas amebas del moho del barro, las cuales pasan parte de su vida activa como células independientes, que tienen un aspecto parecido al resto de las amebas. Normalmente viven en el fango, y se arrastran con lentitud por él, absorviendo bacterias y reproduciéndose por simple división. Cuando han engullido todas las bacterias a su alcance, las amebas abandonan su vida individual libre y actúan al unísono como las células de un metazoo.

Las células del moho del barro actuarán de modo muy distinto de su habitual cruzamiento de la frontera de la evolución, cuando se las coloca en un cultivo de laboratorio y se las dispone sobre el portaobjetos para observarlas. Pueden verse por decenas de millares dirigiéndose hacia los puntos centrales formando burbujas observables a simple vista. De cada una de ellas se levanta un pico, que cae hacia un lado y forma una cosa semejante a una babosa que serpentea rápidamente hacia la luz y el calor. Si esta cosa estuviera en su fango nativo, normalmente buscaría la superficie.

Después de serpentear un ratito, la babosa se levanta; algunas de sus células forman una base que se sujeta firmemente a la superficie. Otras sacan de sus cuerpos un delgado pedúnculo hueco. Las células restantes suben por el pedúnculo y se convierten en esporas de gruesas paredes, se reúnen en una masa esférica y se disponen así a esperar tiempos mejores. Algunas de las amebas han sido sacrificadas; sus cuerpos muertos han servido para formar la base y el pedúnculo, pero las restantes han conseguido una oportunidad para una amplia distribución; de haber permanecido en el suelo empobrecido, como individuos libres, podrían haber muerto de hambre; pero de este modo, una vez que las esporas logren alcanzar un medio ambiente apropiado, por ejemplo, un suelo húmedo, se romperán, y de ellas surgirán células libres y hambrientas de bacterias.

Los primeros metazoos no se parecían en absoluto al hombre, o a cualquier otro de los animales o vegetales superiores, pero en cambio poseían un enorme potencial para perfeccionarse; el futuro de la vida se hallaba en su poder. Liberados de la estructura del cuerpo unicelular, pudieron formar grandes estructuras de las más diversas y ventajosas formas. Sus células constituyentes pudieron especializarse para realizar sus tareas particulares, tales como la formación de una piel exterior protectora. Enor-

mes cantidades de ellas pudieron actuar al unísono para cambiar la forma del organismo o para mover sus miembros o tentáculos.

A medida que los metazoos se volvieron más complejos, la mayoría de sus células perdieron versatilidad y se concentraron en una especialidad, como los miembros de cualquier sociedad muy compleja. Las células musculares desarrollaron la facultad de alargarse y contraerse, transformando la energía química latente en energía mecánica activa. Las células de las glándulas se dedicaron a producir una única secreción. Algunas células se convirtieron en almacenes de grasa; otras se convirtieron en tejido de conexión, que mantenía el organismo unido, formando un todo.

Para que los metazoos pudieran hacerse más grandes y se movieran rápidamente era necesaria una mejor comunicación entre sus partes constitutivas. Cuando las células nerviosas se desarrollaron y se especializaron en llevar mensajes electroquímicos, algunas de ellas se reunieron formando una especie de computadora, el cerebro, donde la información procedente de los sentidos era recibida y analizada, y de donde se enviaban las órdenes a las partes exteriores del organismo. La culminación de tales desarrollos es desde luego el hombre, cuyo cerebro altamente especializado y organizado constituye la más distintiva parte de su cuerpo y la fuente de la que surge su posición de predominio sobre la Tierra.

El cuerpo de las células no varía mucho de tamaño, por lo que cuanto más grande es un metazoo, mayor cantidad de células puede contener su cuerpo. Un gran elefante puede tener algo así como seis mil billones de células (6.000.000.000.000.000). El hombre, aunque pueda ser clasificado como el más complicado de los metazoos, se las arregla muy bien con sólo 60 billones (60.000.000.000.000).

Entre esas células humanas hay algunas reminiscencias de los orígenes antiguos del hombre, vencedoras del tiempo, supervivientes de hace quizá mil millones de años, cuando todas las células vivían vidas independientes. Tapizando los pasos del aire que conducen a los pulmones humanos, hay células cuyos cilios en forma de látigo golpean el polvo y otras partículas extrañas hacia la boca, y mantienen limpios esos pasos. Sus cilios no son distintos, por lo menos de modo significativo, de las colas-flagelo de los ciliados unicelulares.

La mayoría de los 60 billones de células del cuerpo humano viven su vida por lo general en completa subordinación a los superiores intereses de la totalidad del cuerpo, pero ocasionalmente alguna de ellas experimenta una ancestral urgencia por reproducirse independientemente del control corporal. Puesto que el cuerpo proporciona todo lo que la célula necesita para su crecimiento, la célula descarriada se multiplica sin límite alguno y, finalmente, puede acabar por matar al cuerpo que la alimenta y cobija, al llenar los órganos vitales con masas de células inútiles. Así el cáncer, una rebelión celular que viene a recordarnos de qué modo nuestros cuerpos son organizaciones sociales que se mantienen unidas siguiendo leyes que sólo pueden ser burladas con riesgo de la vida.

Todos los animales, sea cual fuere su tamaño, son metazoos –sociedades de células–, pero los procesos de agrupamiento para obtener una acción más efectiva no terminan con ellos. El siguiente paso fue la formación de sociedades compuestas de muchos individuos metazoos. Las primeras criaturas que dieron este paso en la evolución a gran escala fueron los insectos.

Los insectos aparecieron en la Tierra más o menos en la misma época que los reptiles, es decir, hace unos 300 millones de años, y se esparcieron rápidamente por todas partes y evolucionaron hasta formar innumerables formas, unas carnívoras y otras herbívoras. Su maestría en el vuelo les proporcionó grandes ventajas, pero sus pesados esqueletos externos contribuyeron a dificultar su crecimiento y a mantenerlos en su pequeñez. Tal vez hubieran podido superar esta limitación del tamaño mediante una modificación física corporal, pero no la realizaron. En lugar de ello, algunos hicieron algo análogo a lo que habían

hecho ciertos protozoos casi mil millones de años antes, cuando iniciaron su conversión en metazoos.

Los insectos individuales no se adhieren unos a otros para formar cuerpos más grandes, como hacen las células de los metazoos; son ya demasiado complicados para obrar así. Los individuos permanecen físicamente separados; pero han adquirido la facultad de actuar en grupos sociales, que actúan cooperativamente. Cada grupo contiene gran cantidad de miembros. Las sociedades de insectos pueden ser comparadas con animales enormemente grandes. Una gran colonia de una sola especie de hormigas puede contar hasta 22 millones de miembros, que en conjunto no pesan más allá de 20 kg, pero la colonia actúa como un superorganismo singular y puede así realizar muchas cosas que resultarían imposibles a los insectos individuales. Estas extrañas y maravillosas sociedades se adelantaron en 50 ó 100 millones de años a otro metazoo, el hombre, que también formaría sus propios superorganismos, las sociedades humanas, y llegaría a dominar la Tierra.

Nadie, al contemplar un hormiguero, puede dejar de admirar su extraordinaria organización. Corrientes de hormigas salen del nido a un paso ordenado, a menudo siguiendo caminos que han trazado y limpiado previamente; las hormigas regresan al nido con sus presas u otros alimentos; el mismo nido está cuidadosamente construido y administrado, con guardas en las puertas y con una vigilancia cuidadosa del área que lo rodea. Estas características sugieren orden, disciplina, planificación, previsión del futuro, todo ello regulado por una invisible fuerza –un buen ejemplo para la conducta humana–. Una conclusión similar puede ser deducida al contemplar cualquier tipo de hormiga, termite, avispa o abeja –todos estos animales son insectos y todos muestran esta aterradora unidad que hace que los miles de individuos de una colonia se comporten con una auto-subordinación que parece convertirlos en algo similar a las células de un metazoo–.

De los cuatro tipos de insectos actuales que han alcanzado un verdadero modo de vivir en sociedad, el más antiguo es probablemente el termite, que desciende de antepasados parecidos a cucarachas, y pueden, pues, ser denominadas cucarachas sociales. Los otros tres –avispas (y sus parientes los avispones), hormigas y abejas– están emparentados y descienden de criaturas primitivas parecidas a las avispas. Los hábitos de los cuatro difieren profundamente. Las avispas sociales son depredadores alados que consiguen parte de su comida capturando otros insectos o arañas. Muchas hormigas son depredadores que viven en el suelo, pero otras son vegetarianas; algunas han llegado a crear una especie de granjas, incluso con cría de insectos. Las etéreas abejas, que hechizan a quienquiera que las estudie, sostienen sus elegantes colonias gracias, únicamente, al polen y al néctar que extraen de las flores. Muchos termites se han especializado en comer madera, como han descubierto muchos propietarios de casas.

Las costumbres de los insectos sociales varían tanto como sus medios de lograr la supervivencia, pero la mayoría de las colonias se inician con una hembra, una reina. Esta hembra tiene alas, que la capacitan para volar a considerable distancia de la colonia madre; es fecundada por un miembro macho, también alado, de otra colonia, con lo cual se evita la reproducción dentro del mismo "linaje". En algunos casos esta hembra alada es fecundada por varios machos y almacena esperma para fertilizar sus huevos durante los años siguientes.

Una típica hormiga reina se arranca las alas tan pronto ha sido fecundada, selecciona un trozo de suelo conveniente (un tronco de árbol caído y en descomposición, una cavidad bajo una piedra, o un trozo de corteza) y se mete dentro o debajo para excavar una pequeña cámara. Se encierra dentro de ella y espera casi completamente inmóvil a que sus huevos maduren en su abdomen, los expele más tarde y cuando salen las larvas pequeñas y blandas las cuida tan devotamente como cualquier madre humana. Alimenta estas larvas con secreciones de las glándulas que hay en sus mandíbulas –equivalentes a la leche– y a veces con huevos que no han madurado. Du-

rante todo este tiempo, normalmente, la hormiga madre no come, pero los grandes músculos de las alas de su tórax se disuelven en su sangre, ayudándole a crear reservas de grasa que la mantienen viva, e incluso le sirven de alimento para sus crías. Si no puede alimentar a todas sus larvas, corta unas pocas en trozos con que alimentar a las demás.

Las primeras larvas se convierten en crisálidas, a menudo envueltas en capullos sedosos, y más tarde surgen las diminutas y estériles hembras obreras. A pesar de su diminuto tamaño, saben exactamente lo que deben hacer. Salen del nido en busca de comida para ellas y para su reina. Si alcanzan el éxito, la nueva colonia prosperará. La reina pone más huevos, y esta nueva generación producirá obreras más grandes, de tamaño normal, que excavarán túneles y cámaras. La reina se convertirá en una pasiva máquina de poner huevos, ya que sus deberes maternales son realizados por las pequeñas y por las grandes obreras; será alimentada por sus hijas a cortos intervalos; su abdomen se hará enorme y monstruoso, y llegará a poner miles de huevos en un solo día, millones a lo largo de su vida.

La conducta maternal de la reina no es muy distinta de la de las hembras de otros insectos no sociales que tienen gran cuidado de sus crías; lo que es sorprendente es la conducta de las obreras. Nadie les enseña lo que deben hacer –la reina no lo hace–, pero cada clase de obrera tiene sus propios patrones de conducta. Las obreras saben de qué modo han de construir el nido (que puede llegar a ser extraordinariamente complicado), con sutiles dispositivos de ventilación e insolación. Saben de algún modo cómo deben cuidar a la reina y a las crías, cómo actuar para obtener comida, y cómo comportarse para defender el nido contra los invasores. La mayor parte de estos deberes los realizan cooperativamente; no tienen jefes, la reina no hace otra cosa que poner huevos. En épocas determinadas del año se producen machos alados y fértiles y hembras aladas, y también hembras fértiles que volarán lejos del nido y crearán nuevas colonias.

¿Cómo se las arregla el hormiguero para gobernarse a sí mismo de modo tan efectivo? ¿O el nido de avispas, la colmena, o la colonia de termites? El instinto es lo que regula la mayor parte de la conducta de los insectos. Una obrera, al enfrentarse con una larva, le proporciona inmediatamente comida, actuando de acuerdo con un esquema hereditario inscrito en las células de su cuerpo. Pero el instinto, por sí solo, no puede explicar los complejos modelos de cooperación que existen entre los insectos. Cuando una hormiga obrera es atacada por un animal depredador, acuden inmediatamente en su ayuda hormigas soldado, o bien otras hormigas obreras, y ello incluso aunque se encuentren a cierta distancia del incidente y no hayan podido verlo directamente (por otra parte, muchas de ellas son ciegas). ¿Cómo pudieron averiguar que un individuo de su colonia se hallaba en peligro? Obviamente existe algún sistema de señales que les permite pasar información de una a otra.

Los insectos sociales no tienen un lenguaje que produzca ondas sonoras capaces de transmitir instrucciones o datos detallados. De todos modos, para la mayoría de ellos los sonidos carecen de importancia. La visión, cuando existe, no puede ser utilizada en la oscuridad del hormiguero. Todos los insectos sociales se tocan los unos a los otros frecuentemente, pero tan sólo con propósitos limitados, tales como para solicitar comida. No se sabe que exista comunicación eléctrica entre insectos individuales, como la que hay entre las células de los metazoos. Así pues, entre los pocos medios de comunicación que restan a los insectos se hallan solamente el sentido químico del olfato o del gusto.

Este sentido químico es evidentemente el secreto de la sociedad de los insectos. Su existencia era conocida desde hace muchos años, pero solamente a partir de 1950 la extensa investigación realizada acerca de este tema ha demostrado hasta qué punto los insectos sociales poseen la facultad de segregar y de responder con procedimientos muy complicados a una serie de compuestos químicos, algunos de los cuales son difícilmente discernibles por los

De la célula independiente hasta la sociedad humana

Unidad de Vida singular

Primeros organismos simples de un tipo denominado moneranos

Bacterias
Algas verdiazules

Unidad de Vida múltiple

Grupos de formas simples dentro de un tipo denominado protistas

Amebas
Paramecios
Mohos del fango
Algas

Vegetales

Musgos
Hepáticas
Helechos
Plantas de semillas desnudas
Plantas con flores

Animales

Todos los organismos que constan de células especializadas, enormemente complicadas e interdependientes, conocidos como metazoos

Hongos

Mohos
Champiñones
Levaduras

Sociedades animales

Agrupaciones complejas constituidas por grupos de metazoos individuales

Insectos	Mamíferos
Termites	Antílopes Oryx
Hormigas	Perros de las praderas
Abejas	Carnero almizclero
Avispas	Monos
	Simios
	Hombre

Desde los primeros vivientes –organismos simples, unidades singulares– se crearon agrupaciones de unidades múltiples. Algunas células en esas agrupaciones se hicieron interdependientes y se desarrollaron hasta formar plantas verdes pluricelulares, hongos y los animales denominados metazoos. Casi todos los metazoos crearon algún tipo de conducta social, y unas pocas formas inferiores, como las hormigas y los termites, viven en agrupaciones. Pero solamente el hombre ha desarrollado esquemas de cooperación de elevada categoría, que combinan la flexibilidad de la actuación individual con el poder conjuntado del grupo.

humanos. Estas señales químicas son segregadas por todos los miembros de la colonia, e incluso por insectos distintos que han penetrado a hurtadillas en el nido. Estas sustancias, denominadas feromonas, actúan aisladamente o de acuerdo con el accionador de acciones instintivas, controlando así la conducta de los miembros de la colonia; en algunos casos los feromonas alteran también el funcionamiento de los cuerpos de los insectos, o modifican incluso los mismos cuerpos. A menudo, los productos químicos se esparcen por toda la colonia, debido a la costumbre de sus miembros de alimentarse unos a otros con el contenido de sus buches o sacos digestivos.

Una simple ilustración de la comunicación por el olor de los insectos sociales nos lo ofrece la señal de alarma utilizada por la mayor parte de las hormigas. Por ejemplo, cuando una obrera forrajeadora de una especie encuentra a un miembro de otra colonia, o a un insecto depredador, desprende diminutas cantidades de secreciones volátiles de las glándulas de sus mandíbulas y abdomen. Cuando el olor llega hasta las demás obreras, éstas abandonan cualquier tarea que estuvieran realizando y se dirigen hacia donde se encuentra su excitadora compañera. Si la alarma que se desprende del olor es muy pronunciada, acuden con verdadero frenesí para atacar al enemigo. Cuando una hormiga descarga tan sólo sus glándulas odoríparas, el efecto queda limitado a una pequeña zona, pero cuando varias hormigas dejan ir el feromona, el olor puede extenderse por todo el hormiguero, poniendo en pie un ejército de furiosos defensores.

Otros feromonas marcan sendas de olor para las obreras, y les indican fuentes de alimentos, o reclaman la cooperación de gran número de obreras, cuando hay una tarea o un trabajo importante que realizar. Hay un feromona cuyos efectos han sido observados durante centurias y que es expelido cuando una abeja pica a un agresor humano. Si el ataque tiene lugar cerca de la colmena, se unen a la contienda otras abejas, atraídas por un feromona que ha sido exhalado por la primera abeja al clavar su aguijón.

Otro feromona poderoso es la sustancia que expele la reina, la cual es lamida del cuerpo de la reina por las obreras que la cuidan y distribuida por éstas en toda la colmena. Esta sustancia es una señal prohibitiva que impide a las obreras alimentar y cuidar a las larvas, de modo que éstas puedan desarrollarse y convertirse en reinas. Si la reina muere y se interrumpe, por tanto, el suministro de la sustancia exudada por la reina, esta interrupción determina unos cambios químicos en la colonia, los cuales permiten a las obreras alimentar y desarrollar nuevas reinas.

Los feromonas regulan también la población de ciertas castas, especialmente entre los termites. Muchas especies tienen una casta militar especializada de soldados armados con enormes mandíbulas, o con grandes glándulas llenas de líquidos venenosos o pegajosos. Es evidente que este ejército profesional es mantenido en plenitud de fuerza por los feromonas, algunos de los cuales son expelidos por los mismos soldados. Si predomina cierto tipo de feromona, aparecen unos pocos soldados; si predomina un tipo distinto, es la señal para que surjan muchos más.

Cada año se descubren nuevos tipos de feromonas, con lo que la sutilidad de sus múltiples usos se va haciendo cada vez más clara. Actualmente se sabe que muchos mamíferos utilizan este sistema por lo menos en cierta extensión, y ciertos científicos creen que los feromonas pueden incluso influir en la conducta humana. Edward O. Wilson, experto de la Universidad de Harvard, sugiere que "es concebible que en algún otro lugar, en otros mundos, existan civilizaciones cuyos miembros se comuniquen enteramente por medio de los cambios de las sustancias químicas al ser olidas o gustadas... No resulta difícil bosquejar, por lo menos sobre el papel, un sistema de comunicaciones químicas que pueda transmitir una gran cantidad de comunicación con bastante eficacia".

Los sistemas de comunicación y cooperación de los insectos nunca han llegado a alcanzar el punto que el profesor Wilson prevé; no obstante, la sociedad de los insectos ha demostrado ser tan efectiva, que es fácil sobrevalorar las semejanzas entre las comunidades humanas y las de los insectos; las diferencias son también numerosas y fundamentales. Los ciudadanos de las naciones humanas no están compuestos de modo predominante por hembras estériles, descendientes de una sola reina ponedora de huevos. Por difíciles que sean los tiempos, los seres humanos no tienen una ley que les haga comerse a sus hijos. Ni su sistema de comunicación depende de chorros de perfume segregados por las glándulas que se abren en la superficie de su cuerpo.

No obstante, existe un importante paralelismo entre las sociedades de los insectos y las humanas. Ambas han alcanzado tal éxito que han permitido a sus creadores moverse ágilmente en una gran variedad de puntos ecológicos. Y además, tanto los insectos sociales como los hombres sociales han creado fructíferos modos de vida que no hubiesen podido ser establecidos más que por grupos organizados, y algunos de estos modos de vida presentan asombrosas analogías.

Hay dos grupos de hormigas tropicales que son cazadores nómadas: avanzan a través de la selva a modo de hordas conquistadoras, marchando en columnas para atacar a cualquier criatura viviente que no pueda correr o volar hasta ponerse fuera de su alcance. Estas combativas y armadas hormigas llegan en ocasiones a matar grandes reptiles, especialmente si éstos se hallan inmovilizados digiriendo algún bocado pesado. Los hombres que habitan en la selva abandonan sus poblados ante el avance de tales hormigas; cuando regresan a sus hogares, tras el paso de las hormigas, los encuentran limpios de insectos: arañas, ciempiés, escorpiones e incluso lagartos. Tan eficiente depredación tal vez no sea inesperada, ya que otros insectos se dedican también a lo que puede parecer persecuciones casi civilizadas.

Un tipo muy común de hormiga recuerda el tipo de vida humano de los ganaderos, que viven especialmente de la leche de sus rebaños. El ganado de las hormigas son los áfidos (piojos de las plantas), u otros diminutos insectos que succionan la savia de las plantas. Los áfidos

suelen estar en los tallos tiernos y en otras partes blandas de las plantas –en muchas ocasiones debido a que sus hormigas propietarias los han puesto allí para que se alimenten–. Frecuentemente las hormigas excavan túneles para que los áfidos puedan llegar a puntos que no podrían alcanzar por sí solos, tales como las raíces de las plantas. Pero en el suelo llano pueden verse las hormigas guardando sus diminutas "vacas" y ordeñándolas (golpean sus espaldas con sus antenas para hacer exudar a los piojos una sustancia dulce y fluida denominada mielada, que las hormigas llevan a sus hormigueros).

Las hormigas nunca han llegado a desarrollar una agricultura propiamente dicha comparable con su ganadería animal, y, sin embargo, resultaría fácil para las hormigas recolectoras, que almacenan semillas silvestres para su posterior consumo, plantar semillas comestibles y mantener sus plantaciones limpias de malas hierbas, pero evidentemente nunca se han dado cuenta de que el plantar semillas les proporcionaría muchas más semillas del mismo tipo. No obstante, un gran grupo de especies de hormigas del Nuevo Mundo, conocidas como cortadoras de hojas, se dedican a un tipo de cultivo poco corriente: crían huertos de hongos en cámaras subterráneas siguiendo prácticas muy similares, en cierto modo, a las de los criadores de champiñones comerciales. Estas hormigas cortan las hojas verdes en fragmentos manejables, los llevan a cámaras subterráneas, situadas a veces a 6 m de profundidad, y una vez allí las mascan y humedecen hasta convertirlas en una masa pulposa. Fertilizan este cultivo con sus heces y le añaden mordiscos de un hongo especial, que por lo general se encuentra sólo en los hormigueros. Se arrancan los hongos, tipo malas hierbas, que puedan desarrollarse en el campo, y pronto la pulpa queda cubierta con unos filamentos y bolitas peludas y blancuzcas, que constituyen el principal alimento de las hormigas.

Los huertos de hongos de las hormigas les permiten convertir la celulosa en material comestible; ya que la celulosa, que es el material que constituye la estructura de las plantas, no puede ser digerida por los animales que se encuentran por encima del nivel de los protozoos. El hongo de las hormigas digiere la celulosa y la convierte en un alimento blando, gracias al cual viven las hormigas. Este esquema de promoción de una fuente de alimento, corrientemente no utilizable por el hombre, ha sido utilizado en muy pequeña escala por éste, a pesar de que tampoco él puede digerir la celulosa. El hombre alimenta con celulosa, en forma de forraje, al ganado vacuno, que tampoco lo puede digerir; pero éste alberga en su estómago unos microorganismos que sí pueden hacerlo. El ganado vacuno y sus microorganismos contribuyen a convertir la celulosa en proteínas –leche y carne– para la alimentación humana. Para las hormigas cortadoras de hojas, el hongo es tan vital que cuando una joven reina vuela lejos del nido para iniciar una nueva colonia, lleva consigo un pedacito de hongo en una bolsa especial que tiene en la boca.

Resulta difícil de comprender cómo es posible que los diminutos cerebros de las hormigas, ayudados por los productos químicos que les llevan información, puedan realizar algo tan complicado como el cultivo de hongos, que parece requerir no sólo habilidad y conocimientos, sino también cierta previsión, y, no obstante, llevan a cabo estas tareas, y cualquiera que transita por una selva tropical americana puede ver verdaderas columnas de hormigas cortadoras de hojas que llevan fragmentos angulares de hojas hacia la entrada de su hormiguero; marchan a lo largo de sendas limpias de obstáculos, y si en una de estas sendas cae un poco de basura, aparece rápidamente una escuadra de reparaciones que se encarga de limpiarla. Los agricultores de los trópicos odian a las hormigas cortadoras de hojas, que pueden desfoliar totalmente en una sola noche varios valiosos árboles frutales, pero poco es lo que pueden hacer contra tales hormigas. En ciertas áreas, las hormigas hacen casi imposible la agricultura, hasta el punto de que se las ha denominado "los verdaderos conquistadores del Brasil".

Pero no son estas formas de ganadería y de agricultura

las únicas semejanzas discernibles entre la sociedad humana y la de las hormigas, ya que hay que tener en cuenta que las sociedades de las hormigas son extraordinariamente diversas entre sí. Ciertas clases de hormigas son pacíficas y respetuosas cumplidoras de la ley, y no piden otra cosa que se las deje en paz para recolectar sus semillas, sus "insectos-vaca lechera" o para cultivar sus huertos de hongos. Otras son ladronas solapadas, que cavan estrechos túneles entre los de las hormigas de mayor tamaño y penetran en ellos a través de pequeñas puertecillas para robar todo lo que pueden. Hay hormigas más violentas, que emprenden feroces campañas contra las colonias de otras hormigas, matan a las obreras y devoran a las desvalidas larvas y a las hormigas jóvenes. Algunas de estas hormigas luchadoras se llevan consigo a las hormigas jóvenes del hormiguero arrasado; una vez instaladas en su propio hormiguero, las alimentan, hasta que llegan a adultas, para que se conviertan en esclavas de sus feroces señoras.

Una gran cantidad de hormigueros dan cobijo también como huéspedes a otros insectos que son tolerados debido a que, de algún modo, han roto el código de comunicaciones de sus anfitriones. Esto es, toman el aspecto de las hormigas que les dan albergue, imitan sus movimientos, procuran complacerlas de mil maneras y frecuentemente secretan sustancias olorosas que resultan atractivas a las hormigas. Hay miles de variedades de estos insectos huéspedes, entre los cuales se incluyen los grillos, las cucarachas, las moscas, las polillas, las cochinillas y las abejas. El huésped vive como un miembro más de la colonia, y es alimentado como un pariente, en lugar de ser muerto como un enemigo –y como sucede con los huéspedes en las familias humanas, pueden acabar por hacerse los amos–. Frecuentemente los insectos forasteros ponen huevos que son cuidados por sus anfitriones; cuando los huevos ajenos están maduros y surgen las larvas, éstas naturalmente son muy grandes y acaban por comerse las larvas de las hormigas, sus anfitrionas.

Hay una clase de hormigas que reciben con alborozo a

El expresivo lenguaje del amor

Haciendo cabriolas, en una auténtica exhibición de facultades, o hinchándose, cada uno de los animales fotografiados en estas páginas se dedica a cortejar a su pareja del sexo opuesto. El cortejo es un asunto muy serio para todas las especies, ya que es el preludio del emparejamiento –el cual, naturalmente, es fundamental para la supervivencia de las especies–. Sintiendo una urgencia sexual y careciendo del lenguaje humano, los animales han de confiar en señales sin palabras, para reconocer a los miembros de su propia especie y comunicarles su deseo. El pavo real macho despliega sus brillantísimas plumas; una mona aulladora segrega un olor especial que excita a los machos. La comunicación sexual puede ser tan compleja, como el ballet de las avestruces hembras, en la parte de abajo de la página siguiente, o tan simple, como el ruido especial que hace el sapo al croar (parte inferior de esta página), al cual responderá cualquier sapo hembra que haya en los alrededores.



Un sapo, lanzando su grito amoroso.




Para atraer a su pareja el cangrejo macho agita en el aire su gran pinza, y el albatros despliega sus alas hasta casi 3 m.



Las avestruces hembras, compitiendo por un solo macho, danzan en la sabana. Cuando una hembra deja el grupo, el macho la sigue.

los huéspedes-abejas, las cuales llegan a una conducta diabólica en relación con ellos. Las glándulas de las abejas producen una sustancia a la que las hormigas se aficionan de tal manera que toda la colonia acaba por quedar desorganizada. Si en el hormiguero se produce algún contratiempo, las hormigas procuran en primer lugar poner a salvo a sus huéspedes. Las abejas crían en las colonias de hormigas, y éstas cuidan a las larvas de abeja a expensas de las suyas propias, que a menudo se desarrollan de un modo aberrante. Las larvas de abeja agradecen los cuidados que les prestan comiéndose las larvas de sus anfitrionas. En ocasiones podrían llegar a destruir todo el hormiguero; pero éste generalmente se salva gracias a que el modo que tienen las hormigas de cuidar a las larvas de abeja cuando éstas se hallan a punto de transformarse en crisálidas –las cubren con tierra y las descubren después– es excelente para las hormigas, pero mortal para las abejas.

Durante un período de 50 a 100 millones de años, tales insectos sociales han sido una de las formas de vida dominantes en la tierra. Aunque no tan visibles como los enormes reptiles o los mamíferos, su ingente número ha compensado siempre su pequeño tamaño; en la mayoría de las regiones del mundo la biomasa (su peso corporal en conjunto) y el consumo de energía, contando sólo las hormigas, excede a la de los vertebrados que viven en aquellas mismas áreas.

El mundo inmensamente complicado y próspero de los insectos sociales es producto de la asociación entre individuos que de otro modo no podrían haber explotado su medio ambiente próximo con efectividad. Y cabe preguntarse ¿por qué no fue utilizado un procedimiento semejante por otros animales? Parece ser que los grandes reptiles iniciaron el desarrollo de una organización social –existen ciertas pruebas de que los dinosaurios vivían en grupos *(capítulo 3)*–, pero desaparecieron súbitamente antes de haber perfeccionado el sistema. Fue, pues, tarea de los mamíferos el sobrepasar a los insectos y crear las organizaciones sociales de más largo alcance y mayor efectividad que el mundo ha conocido.

El éxito final de las sociedades de mamíferos es en cierto modo paradójico, ya que los mamíferos están constituidos físicamente de tal modo que podría parecer que el crear la cooperación de grupo era menos útil para ellos que para los insectos.

Según se ve, todas las presiones favorecieron al individuo contra el grupo: los mamíferos no necesitan la incitación competitiva de la sociedad, puesto que pueden crecer mucho más que los insectos sin encontrar grandes dificultades. Su esqueleto interno crece al mismo ritmo que sus cuerpos, no tienen que desprenderse de él y generar otro nuevo a cada estadio de su crecimiento. Por otra parte, la respiración de los mamíferos, a base de pulmones, la vigorosa bomba impelente que es el corazón, y un sistema de circulación sanguínea que conduce el oxígeno a todos aquellos tejidos que lo necesitan, es muchísimo más eficaz para animales de considerable tamaño que el sistema de tubos finos que llevan el aire directamente a los tejidos usado por los insectos.

La mayor parte de los mamíferos son, individualmente, de mayor tamaño que el volumen total de todos los miembros de un hormiguero, una colmena, un termitero o un nido de avispas. Su tamaño permite a los mamíferos explotar de un modo mucho más eficaz las numerosas oportunidades ecológicas de su hábitat, y les ofrece una poderosa protección contra muchos enemigos, proporcionándoles un grado de seguridad que los insectos sociales sólo pueden alcanzar mediante la acción conjunta, o mediante la construcción de habitáculos fuertemente defendidos.

Su gran tamaño hace también a los mamíferos menos vulnerables al frío, de modo que no necesitan vivir en grupo para conservar el calor. Sus cuerpos grandes, de sangre caliente, les protegen de las bajas temperaturas que pueden matar a un pequeño insecto o reducirlo a estado letárgico. Para prevenirse del frío, las hormigas, por ejemplo, pueden cavar en el suelo profundos refugios comunales, pero no todos los insectos de tamaño parecido

al de las abejas pueden hacer otro tanto, o por lo menos no de un modo tan efectivo. Pero un mamífero puede desafiar el frío en la misma superficie, o cavar fácilmente su propio refugio bien abrigado. Además, el control de temperatura de los mamíferos puede compensar el tiempo excesivamente caluroso. Por todo ello, la acción conjunta de varios individuos para construir nidos o refugios a prueba de inclemencias climáticas no es tan necesaria, y, por tanto, para los mamíferos no es tan decisiva la formación de sociedades. Los mamíferos son capaces de criar a sus pequeñuelos de tal modo que no requieren la organización social de que dependen los insectos. Una de las importantes ventajas conseguidas por los insectos, cuando se convierten en insectos sociales, es el cuidado que las obreras de la colonia prestan a los individuos jóvenes de las siguientes generaciones. Los insectos son criados, protegidos en cámaras bien vigiladas y alimentados por los forrajeadores, que velan, alimentan y limpian a las crías hasta que éstas alcanzan la edad adulta. Los insectos individuales, no sociales, no pueden criar a sus descendientes de modo tan eficaz; pero, en cambio, los mamíferos individuales hacen algo por lo menos tan bueno como lo logrado por los insectos sociales. Sus crías crecen perfectamente dentro de los cuerpos de sus madres y luego son alimentadas con leche y otros alimentos hasta que son capaces de cuidar de sí mismos. Una vez más, la cooperación de varios individuos no resulta necesaria, ni ofrece una compensación lo suficientemente grande como para determinar la formación de sociedades.

A pesar de esto, muchos mamíferos forman sociedades. La razón es que la vida en grupos les proporciona algunas ventajas. Cuando los mamíferos han de vivir entre depredadores, la vida en grupo les garantiza cierta defensa y seguridad. Los carneros almizcleros se protegen de los lobos formando un círculo, con los cuernos hacia afuera, y disponiendo a los corderos en el centro. Los gritos de los perros de las praderas difunden por todos sus poblados las noticias acerca de los peligros que se les aproximan. Por otra parte, también los depredadores pueden beneficiarse de la cooperación. Los lobos y licaones actuales cazan en jaurías que pueden atacar grandes presas con mayores probabilidades de éxito que el que podría lograr un solo animal, y parece muy probable que sus antepasados comenzasen a desarrollar esta conducta cooperativa hace varios millones de años. Otros patrones de conducta social similares a éstos, y que ahora no son visibles en otros mamíferos modernos, podrían ser trazados, sin duda, en sus inicios, aproximadamente por el mismo tiempo.

Grupos semejantes a ésos, si no son demasiado grandes, se componen generalmente de individuos emparentados. Una unidad social incluirá, normalmente, a los padres, hijos, hermanos y hermanas, y a los hijos de éstos, del padre, y tal vez, ocasionales parientes colaterales. A veces la organización es muy laxa, pero muy frecuentemente el grupo tiene un jefe reconocido, o varios adultos dominantes, generalmente machos, que toman la prioridad sobre los miembros del grupo más jóvenes, más débiles o menos experimentados.

Tales sociedades familiares son relativamente imperfectas. Los grupos sociales más complicados entre los mamíferos no se produjeron hasta que los primates, antecesores del hombre, adquirieron cerebros más desarrollados. Algunos monos están organizados en grupos sociales tan coherentes, que los individuos son incapaces de vivir aislados. Los babuinos son sociales sobremanera; su supervivencia en las praderas de África del Sur se debe básicamente a la acción cooperativa de los machos guerreros. Los chimpancés y los gorilas tienen otros tipos de organización social, pero ninguna de ellas se aproxima siquiera al nivel de las más primitivas formas de sociedad humana.

El desarrollo de la compleja conducta social comenzó a acelerarse hace unos cinco millones de años, con la aparición del inmediato predecesor del hombre, el hombre-simio *Australopithecus*. Esta criatura de 1,40 m de estatura y unos 40 kg de peso pudo sobrevivir y prosperar, en un mundo dominado por animales más grandes y más

dañinos, gracias a su elevado grado de organización social, sin precedente entre los demás mamíferos.

Los australopitécidos deben de haber sido muy leales a su banda, de modo que todos los miembros podían confiar unos en otros, tanto para la defensa como para la caza, y también para el reparto de la comida.

Probablemente se repartían las tareas; las hembras cuidaban de los pequeños y recolectaban comida vegetal y tal vez cogían pequeños animales, mientras que los machos perseguían grandes presas y defendían el grupo. Como que ya eran bípedos, podían elaborar y utilizar armas primitivas, por ejemplo, mazas de madera. Deben de haber tenido el talento suficiente para utilizar sus armas con efectividad, lo mismo que para perseguir a sus presas. La eficacia de estos hombres-simio en la caza se había estado desarrollando durante largo tiempo, y requirió muchos millones de años de experimentación, lo cual, aunque dependía en gran parte de la organización social, contribuía también a tal organización.

Tal vez el mayor beneficio derivado de este provechoso modo de vida cazadora fue el incentivo que proporcionó al desarrollo del cerebro, puesto que con el incremento de la complejidad del cerebro se produjo el más humano de los logros: el lenguaje. No se puede saber de modo cierto cómo o cuándo se desarrolló el lenguaje humano, pero es muy probable que el sucesor del *Australopithecus*, el *Homo erectus*, el primer hombre verdadero, se hallase ya en el punto de desarrollar un lenguaje primitivo.

La comunicación es básicamente lo más necesario de una sociedad desarrollada, y el lenguaje el mejor de los medios de comunicación existentes. Los feromonas químicos, tan eficazmente utilizados por los insectos sociales, son útiles sólo hasta cierto punto; las señales visuales que intercambian muchos animales actúan únicamente cuando emisario y receptor pueden verse el uno al otro; los sonidos emitidos por otros animales tienen un uso muy limitado: en general se utilizan sólo como señales de aviso y como reclamo a la pareja en la época de celo. Sin embargo, incluso con un lenguaje rudimentario, el hombre primitivo pudo dar órdenes ("Camina en línea recta, mientras yo doy la vuelta a la colina"), transmitir información ("He visto un león cruzando la sierra"), discutir planes ("Vamos a levantar el campamento") y, sobre todo, difundir información a toda la horda. Con el lenguaje, la experiencia de cada miembro se convirtió en experiencia común. Incluso el conocimiento adquirido por miembros del grupo desaparecidos o difuntos podía ser útil; esto contribuía a aumentar las tradiciones de la banda y acumulaba cultura. El *Homo erectus,* equipado con un lenguaje simple, pero eficaz, se hallaba firmemente colocado en la vía que conducía hacia el hombre actual, aunque su fabuloso éxito futuro todavía no podía ni siquiera entreverse.

Si visitantes del exterior hubiesen viajado por la Tierra hace medio millón de años, probablemente no hubieran seleccionado al *Homo erectus* como un ejemplar animal particularmente importante; no era muy numeroso, y en comparación con los grandes animales del planeta, era físicamente débil, al igual que sigue siéndolo el hombre actual. Pero poseía un cerebro bastante grande, y que seguía creciendo; un lenguaje rudimentario, y una cultura en constante desarrollo, que podía transmitir de una generación a otra. Éstas eran las cualidades esenciales que dieron la posibilidad a su descendiente, el *Homo sapiens,* de crear los superorganismos de las sociedades humanas y conquistar la Tierra.

Desde la aparición del *Homo sapiens* hace unos 300.000 años, la evolución biológica del hombre ha sido eclipsada por su evolución social y cultural. Físicamente no ha cambiado mucho; ningún hombre de la Edad de Piedra, debidamente vestido y afeitado, atraería la atención en las calles de Nueva York o de París. Lo que ha hecho moderno e importante al hombre actual reside en el éxito de su espectacular y cambiante sociedad.

Espejos de la sociedad humana



Hormigas a través de la selva africana formando una disciplinada columna; hormigas soldado flanquean la masa de hormigas obreras.

Veinte millones de individuos, una colonia completa de hormigas viajeras, se desplazan en una bien formada columna *(arriba),* a fin de construir un nuevo hormiguero, después de haber agotado los recursos que podían obtenerse en las proximidades del viejo. Marchan durante tres días, cubriendo trechos diarios de 1,5 km –el equivalente de 200 km para un hombre–. En cada momento su larga migración depende de una compleja conducta social, en la que las acciones de cada insecto contribuyen a la consecución de la tarea común.

En esta antigua sociedad –como en otras muchas organizaciones sociales animales–, el hombre encuentra contrapartidas de su propia conducta, puesto que todas las sociedades dependen de la división del trabajo y de la cooperación dirigida a conseguir objetivos comunes. Estas imágenes de la vida animal se presentan aisladas; no combinadas como en el modo sin par de la vida humana, pero ahí están de todos modos. Así, los perritos de las praderas charlan unos con otros, utilizando un rudimentario lenguaje. Los monos tití forman parejas que duran toda la vida. A los mimados cachorros de chimpancé les enseñan los adultos los modos de trabajar y vivir propios de la especie. Pero mientras no se produjo la evolución desde las hordas de cazadores del *Homo erectus* no aparecieron los elementos –lenguaje, amor y conocimiento– que, juntos, permitieron la constitución de la sociedad humana.



En un termitero, los termites obreros, con sus abdómenes oscuros debido a una nutritiva mezcla de barro y humus, alimentan a una reina.

La vida programada de los termites


Los huevos maduran y las obreras atienden a las hormigas recién nacidas.


Las obreras reparan una brecha en el termitero con fango y saliva mezclados.

En los enormes termiteros, tan complejos como muchas ciudades humanas, los termites ofrecen un excelente modelo de alguno de los más primitivos tipos de conducta social organizada de la prehistoria –modelos que tal vez fueron abandonados hace más de 100 millones de años, cuando los dinosaurios se paseaban por la Tierra–.

Un termitero típico, como el del género africano *Cubitermes (izquierda),* contiene un rey, una reina y miles de descendientes. Esta enorme colonia trabaja unida y estructurada en un sistema de castas mucho más rígido que ninguno de los creados por el hombre.

Normalmente, sólo la reina y el rey son fértiles, y su única tarea es la procreación; sus estériles descendientes realizan todas las tareas. Un tres por ciento de la población son soldados, que defienden el nido de los ataques de los enemigos, principalmente de las hormigas. Las obreras conservan el termitero, cuidan del rey y la reina y alimentan a las jóvenes. Incluso llegan al extremo de comer para todos los demás, regurgitando comida predigerida de sus propios abdómenes.

Esta compleja conducta es controlada por señales químicas. Los termites son sordos y ciegos; sus sentidos del olfato y el gusto, que responden a secreciones denominadas feromonas, son utilizados para la comunicación. Así, de los huevos recién puestos surge una orden química dirigida a las obreras diciendo: "Llévanos a un criadero". Incluso las dimensiones de la población están reguladas por feromonas; por ejemplo, cuando el termitero contiene demasiados soldados, el exceso de feromonas en el soldado impulsa a las obreras a atacarlos y a devorar el excedente.

Gritos de alarma de los perros de las praderas



Un pequeño perro de las praderas brinca y chilla para indicar que "todo va bien".



Un perro de las praderas alerta a toda la colonia, con algunos cortos gañidos nasales.

Los roedores denominados perros de las praderas han desarrollado un tipo de sociedad tan lograda, que cientos de millones de tales animales llegaron a vivir en las Grandes Praderas de América, antes de que llegase a ellas el hombre blanco.

El principal elemento de su éxito es el vocabulario de ladridos y gañidos que han determinado que se les haya adjudicado un nombre que se presta a errores –un lenguaje que es uno de los más precisos sistemas de comunicación existente en especies no humanas–. Con su ayuda, los habitantes de una colonia de perros de las praderas, que puede alcanzar varias áreas e incluso hectáreas de extensión, consigue una soberbia protección contra una amplia gama de enemigos naturales –águilas, halcones, coyotes y linces–.

Una colonia está dividida en varios territorios independientes, cada uno de ellos habitado por un clan, o camarilla, con un conjunto de miembros que comprende un macho, tres hembras y unas seis crías. Los miembros de un clan raramente salen de los límites de su territorio, y resisten fieramente las incursiones de los extraños. Pero ellos y sus vecinos están unidos por un especial lenguaje de llamadas. Un grito agudo, solo, de un lado a otro de la pradera, alerta a un perro, que se sienta sobre sus cuartos traseros y husmea el peligro. Una serie de cortos y agudos ladridos es una escala completa de alarma, que hace que todos los miembros de la colonia huyan en precipitada carrera hacia sus madrigueras subterráneas. Finalmente, cuando el peligro ha pasado, uno de ellos, balanceándose sobre sus patas traseras, lanza una llamada de dos notas –"todo tranquilo"– y toda la colonia celebra la señal jubilosa.



Una familia de perros de las praderas toma el aire en el exterior de su madriguera. La entrada elevada constituye un excelente punto para otear los alrededores y una barrera contra las repentinas inundaciones.

Los monos tití: una pareja perfecta

Se cree que los monos tití de América del Sur, cuando se emparejan, forman una unión para toda la vida. Esta práctica es seguida únicamente por otras dos especies de primates: los gibones y, la mayor parte de las veces, por el hombre. En el hombre, el emparejamiento está involucrado normalmente en la compleja institución denominada matrimonio y con la práctica de la fidelidad sexual. Para los titíes el principal interés del emparejamiento es la compañía, ya que sexualmente son promiscuos. El calor de su relación de compañía para toda la vida es expresado con mimos, en los cuidados mutuos que se dispensan y en su modo de colocarse muy juntos en cualquier rama, con las colas entrelazadas o enroscadas una en otra, postura que adoptan generalmente para dormir. Pero una vez al año, durante la época de celo, la pareja se separa, para vivir cortos encuentros sexuales con vecinos de sexo opuesto. Después de lo cual, la pareja reemprende tranquilamente el ritmo de la vida normal, que en modo alguno es turbada por los celos, y el macho cuida a los hijos de su hembra sin preocuparse mucho de la paternidad real.

Esta unión, evidentemente tan cálida en el seno de la familia tití, es contrarrestada por las feroces rivalidades territoriales que surgen entre las familias. Cada mañana la pareja se dirige hacia las fronteras de su territorio, que tiene más o menos una media hectárea, y lanza feroces chillidos de desafío a sus vecinos; los chillidos se van haciendo más fuertes, y la pareja arquea su espalda, con el pelo completamente erizado y su cola azotando el aire furiosamente; si un vecino cruza la frontera, la exhibición se puede convertir en una persecución y alguna dentellada.



Con las colas cariñosamente entrelazadas, dos monos tití contemplan la naturaleza.



Un tití se estira sibaríticamente, mientras su compañera peina su mullido pelo. Los tities pasan largos ratos mimándose mutuamente.

La vida libre de los antropoides



De todas las sociedades de animales, la más semejante a la humana –en lo que hace referencia a relaciones personales, conocimientos individuales y flexibilidad– es la de los chimpancés. Pocas sociedades están estructuradas de modo más laxo; la composición de los grupos varía constantemente. Dentro de un grupo dominan generalmente los machos más fuertes, pero la jerarquía no es en modo alguno rígida.

Un chimpancé pequeño, pero intrépido, puede conseguir la jefatura del grupo en un duelo de vociferaciones que suele terminar en una tanda de mimos mutuos.

Tal vez la más humana de todas las características sociales de los chimpancés es la íntima relación que se establece entre madre e hijo. Los pequeños chimpancés son amamantados hasta los cuatro años y no alcanzan la pubertad hasta los ocho.

Durante estos años de desarrollo personal, aprenden a utilizar utensilios rudimentarios: ramas para construir su abrigo, bastones y piedras a modo de armas, hojas mascadas a modo de esponjas. Y también aprenden a acompañar estas actividades con un interminable fluir de gestos de comunicación –gruñidos, llamadas, gritos, ladridos y berridos–, junto con un rico vocabulario de expresiones faciales.

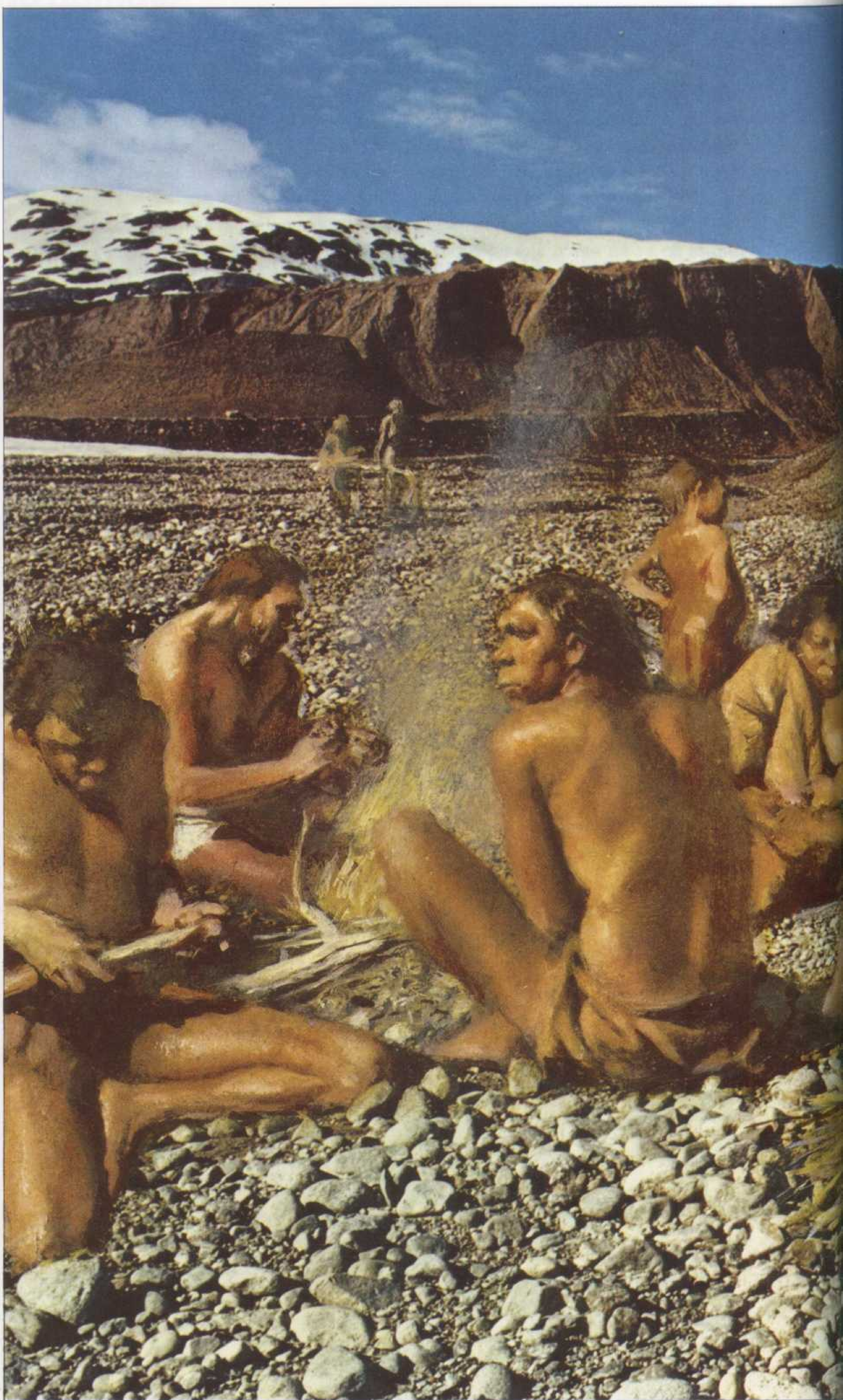


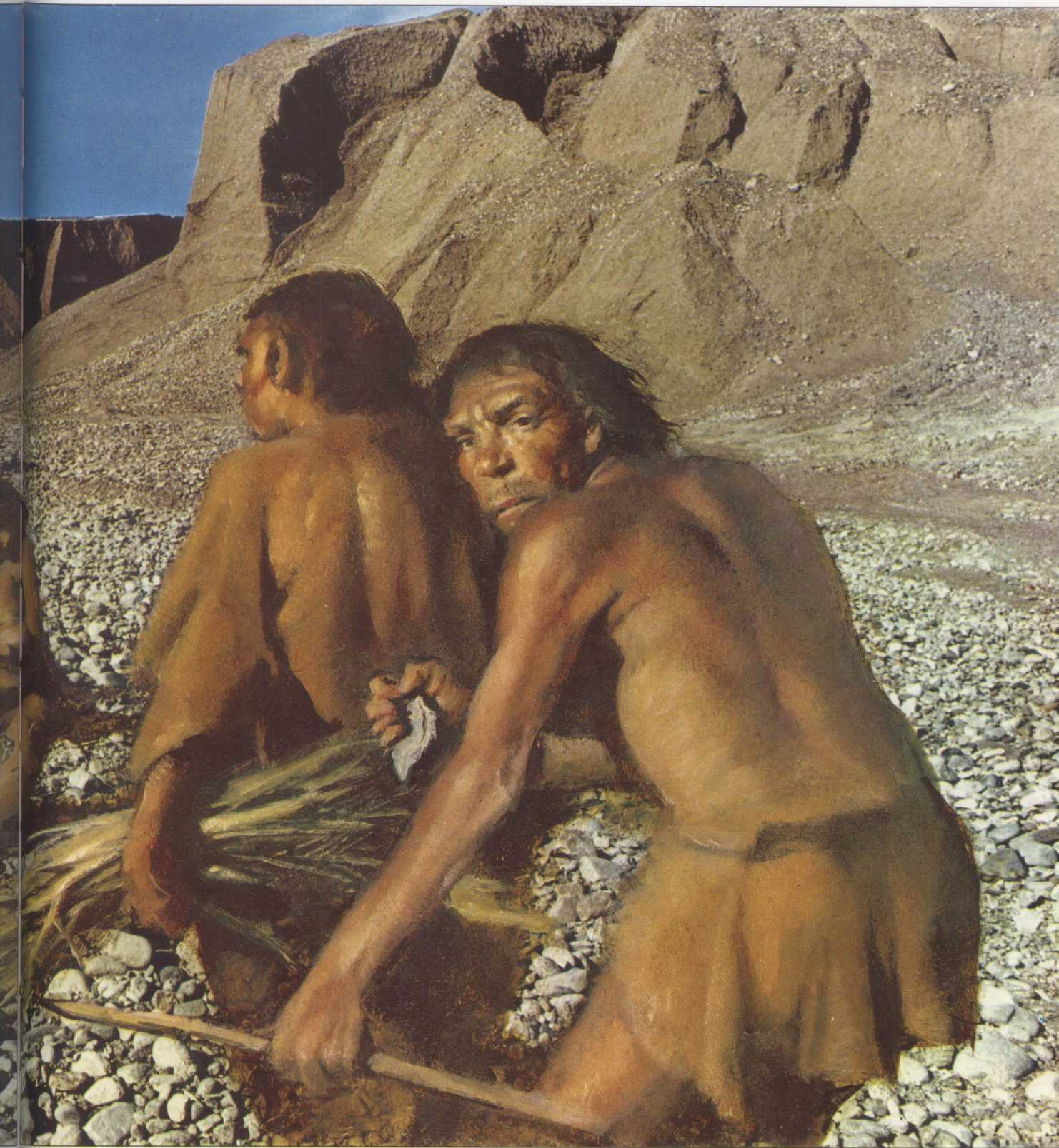
Un bebé chimpancé reclama la atención de un amistoso macho. Seguro que no será rechazado; los adultos sienten afecto por los pequ

La caza entre los primeros hombres

La ilustración de la derecha combina la fotografía y el dibujo para mostrar de qué modo vivieron los primeros hombres propiamente dichos hace unos 600.000 años. Esta organizada horda de la especie *Homo erectus,* hoy en día extinguida, ha acampado en el lecho seco de un río en busca de cuarzo y calcedonia (piedras que suelen tallar para confeccionar armas y que solamente pueden encontrarse en estos lugares). Su misión es peligrosa. Vientos helados soplan sobre la llanura asiática, y depredadores, como felinos de agudos dientes, se hallan al acecho. La horda puede haber invadido el territorio de otro grupo, y los "propietarios" de la valiosa cantera de invasores podrían constituir piezas de caza tan apreciables –y tan gustosas– como cualquier otra.

Si la osada expedición llegaba a alcanzar éxito, ello se debería sin duda a que sus miembros actuaban unidos, constituyendo un complejo aunque flexible grupo social. Las tareas estaban repartidas: algunos hombres se encargaban de buscar combustible y de cazar; otros, tal vez los primeros hábiles artesanos del mundo, hacían utensilios de distintos tipos. Una mujer cuidaba el fuego, al mismo tiempo que amamantaba a un niño y vigilaba a otro algo mayor. Y como ayuda para alcanzar su objetivo, poseían ciertas cualidades que son propias únicamente del hombre. Estos primitivos cazadores tenían ya un lenguaje rudimentario, que les permitía hacer planes para la caza e intercambiar información. Disponían de excelentes armas, como un cuchillo para todo uso. Tenían fuego, que transportaban colocando ascuas encendidas en sacos de piel. Mejorando sin cesar sus habilidades y su organización, hordas como ésta llegarían, andando el tiempo, a una supremacía sobre la Tierra.





Con las armas dispuestas y vestidos de piel, el Homo erectus *cazador contempla ferozmente el mundo hostil que le rodea cuando se une a su*

El Origen del Hombre

Este esquema muestra la progresión de la vida en la Tierra, desde sus primeras apariciones en las aguas del planeta recién formado, hasta la evolución del hombre; señala sus desarrollos físicos, sociales, tecnológicos e intelectuales hasta la Era Cristiana. Para ubicar estos avances en

GEOLOGÍA		DATADO EN MILES DE MILLONES DE AÑOS	
Precámbrico era más primitiva		4,5	Creación de la Tierra
		4	Formación del mar primitivo
			Origen de la vida: algas y bacterias unicelulares aparecen en el agua
		3	
		2	
		1	
		DATADO EN MILLONES DE AÑOS	
			Aparecen los primeros animales respirando oxígeno
		800	Los primitivos organismos desarrollan células especializadas interdependientes
		600	Aparecen los animales con concha invertebrados multicelulares
Paleozoico vida antigua			Evolución de los peces armados, primeros animales que poseen espina dorsal.
		400	Los pequeños anfibios se aventuran hacia la tierra firme
			Aparecen los reptiles y los insectos.
Mesozoico vida media			Aparece el tecodonto, antepasado del dinosaurio
		200	Comienza la era de los dinosaurios
			Aparecen los pájaros
			Los mamíferos viven al amparo de los dinosaurios
			Termina la era de los dinosaurios
		80	
Cenozoico vida reciente			Los prosimios, los primates más primitivos, se desarrollan en los árboles
		60	
		40	Se desarrollan los primates inferiores y los primates antropoides
		20	
		10	El *Ramapithecus*, el primate más antiguo conocido con evidentes rasgos de hombre, evoluciona en la India y África
		8	
		6	
		4	El *Australopithecus*, el antepasado primate más cercano al hombre, aparece en África

GEOLOGÍA	ARQUEOLOGÍA	DATADO EN MILLONES DE AÑOS	
Pleistoceno Inferior período más antiguo de la época más reciente	**Paleolítico Inferior** período más antiguo de la Edad de Piedra Antigua	2	Las herramientas más antiguas son fabricadas por el hombre en África
			El primer hombre verdadero, el *Homo erectus* aparece en las Indias Orientales y en África
		1	El *Homo erectus* emigra a lo largo de los trópicos del Viejo Mundo
		DATADO EN MILES DE AÑOS	
Pleistoceno Medio período medio de la época más reciente		800	El hombre aprende a controlar y a usar el fuego
		600	
			En gran escala, progresa la caza organizada de elefantes en Europa
		400	El hombre comienza a construir refugios artificiales con ramas
		250	Aparece el hombre de Neanderthal en Europa
		100	Aparece el *Homo sapiens sapiens* en África
		80	
Pleistoceno Superior último período de la época más reciente		60	Enterramientos rituales en Europa y el Oriente Medio sugieren la creencia en la vida futura
	Paleolítico Medio período medio de la Edad de Piedra Antigua		Mamuts lanudos son cazados por los neanderthales en el norte de Europa
			El oso de las cavernas llega a ser el centro de culto en Europa
		40	
			El hombre se extiende hasta Australia
			El documento escrito más antiguo conocido, un calendario lunar en hueso, es hecho en Europa
Último período glaciar	**Paleolítico Superior** último período de la Edad de Piedra Antigua		Los primeros artistas decoran los muros y los techos de las cavernas en Francia y España
		30	Son esculpidas estatuillas para la adoración de la naturaleza
		20	La invención de la aguja hace posible la costura
			Los cazadores asiáticos cruzan el estrecho de Bering para poblar América del Norte y del Sur
			Comienza la caza de bisontes en los grandes llanos de Norteamérica
		10	Se inventa el arco y la flecha en Europa
			La alfarería empieza en Japón
Holoceno época actual	**Mesolítico** Edad de Piedra Media	9	Se domestica la oveja en el Próximo Oriente

4.000 millones de años

3.000 millones de años

Origen de la Tierra (4.500 millones)

Origen de la vida (3.500 millones)

secuencias cronológicas utilizadas en forma común, la columna de la izquierda de cada una de las cuatro secciones del esquema identifica las grandes Eras geológicas en las que se divide la historia de la Tierra, mientras que la segunda columna registra las edades arqueológicas de la historia humana. Las fechas claves de los orígenes de la vida y de los logros principales del hombre aparecen en la tercera columna. El gráfico no está a escala; la razón es clara con la franja de abajo, la cual representa en escala lineal los 4.500 millones de años comprendidos en el esquema.

GEOLOGÍA	ARQUEOLOGÍA	AÑOS a. de C.	
Holoceno *(cont.)*	**Neolítico** Edad de Piedra Moderna	**9000**	El perro es domesticado en Norteamérica
		8000	Se funda Jericó, la primera ciudad
			Se domestica la cabra en Persia
			El hombre cultiva sus primeras mieses, trigo y cebada en el Oriente Medio
			El maíz es cultivado en México
		7000	Un modelo de vida de pueblo nace en el Oriente Medio
			Çatal Hüyük, lo que ahora es Turquía, llega a ser el primer centro comercial
			Se inventa el telar en el Oriente Medio
		6000	El ganado es domesticado en el Próximo Oriente
			La agricultura comienza a reemplazar a la caza en Europa
			El cobre es usado en la industria en la región mediterránea
	Edad del Cobre	**4800**	El monumento de piedra maciza más antiguo conocido es construido en Bretaña
		4000	Los botes de vela son usados en Egipto
			Las primeras ciudades surgen en los llanos de Sumer
			Los sellos cilíndricos comienzan a ser usados como señas de identificación en el Oriente Medio
		3500	Se inventa la rueda en Sumer
			El hombre comienza a cultivar el arroz en el Lejano Oriente
			Se domestica el caballo en Rusia del Sur
			Los mercaderes navegantes egipcios comienzan a recorrer el Mediterráneo
	Edad del Bronce		El primer escrito pictográfico redactado en el Oriente Próximo
			El gusano de seda es domesticado en China
		3000	El bronce es usado por primera vez para hacer herramientas en el Oriente Medio
			La vida ciudadana se propaga hasta el valle del Nilo
			El arado se desarrolla en el Oriente Medio
			Un calendario preciso basado en observaciones estelares se inventa en Egipto
		2800	Stonehenge, el más famoso de los monumentos megalíticos antiguos, es comenzado en Inglaterra
			Las pirámides son construidas en Egipto
		2600	Una variedad de dioses y héroes son glorificados en *Gilgamesh* y otras epopeyas del Oriente Medio
		2500	Surgen las ciudades en el valle del Indo

GEOLOGÍA	ARQUEOLOGÍA	AÑOS a. de C.	
Holoceno *(cont.)*	**Edad del Bronce**		Evidencia más antigua del uso de es en Escandinavia
			El código de leyes más primitivo es redactado en Sumer
			Las sociedades minoas de palacio comienzan en Creta
		2000	Se domestican las gallinas y los elefantes en el valle del Indo
			El uso del bronce se propaga a Euro
			Comienza la cultura esquimal en la región del estrecho de Bering
		1500	Embarcaciones que pueden navegar por el océano, le permiten al hombre llegar a las islas del Pacífico Sur
			Esculturas ceremoniales de bronce s funden en China
			Se establece el gobierno imperial, q incluye provincias distantes, por los hititas
		1400	Se usa el hierro en el Oriente Medio
			El primer alfabeto completo manuscrito es inventado por las ger de Ugarit, en Siria
	Edad del Hierro		Moisés conduce a los israelitas fuer de Egipto
		1000	El reno es domesticado en Eurasia
		900	Los fenicios desarrollan el alfabeto moderno
		800	El uso del hierro se propaga por toda Europa
			Los nómadas a caballo aparecen en Próximo Oriente como nueva fuerza poderosa
			El primer sistema de carreteras es construido en Asiria
			Homero compone *La Ilíada* y *La Odi*
			Se funda Roma
		700	Comienza la civilización etrusca en I
			Ciro el Grande gobierna el imperio p
			Se establece la República de Roma
		500	Se inventa la carretilla en China
		200	Son escritos los épicos *Mahabhara Ramayana* acerca de los dioses y lo héroes de la India
			Se inventa la rueda de agua en el Oriente Medio
		0	Comienza la era cristiana

2.000 millones de años

1.000 millones de años

Primeros hombres (2 mill

Primeros animales respirando oxígeno (900 millones)

Primeros animales con espina dorsal (470 millones)

Procedencia de las ilustraciones

A continuación figura la procedencia de las ilustraciones de esta obra. Las referidas de izquierda a derecha están separadas por punto y coma; las que van de arriba abajo se señalan con un guión.

8-Harald Sund. 12, 13-Dibujos de Robert McKee, según fotografías de E. Muybridge cedidas por Dover Publications, Inc. 16, 17-Ken Kay. 20, 21-Nina Leen para LIFE, dibujos de Adolph E. Brotman. 24 a 47-Dibujos de Don Punchatz. 49-Fritz Goro, Museo Peabody de Historia Natural, Universidad de Yale. 50-Fritz Goro, gentileza del Dr. T. Delevoryas–Dr. Frank M. Carpenter. 51-Fritz Goro, Museo de Historia Natural. Universidad de Princeton. 52-Henry B. Beville, Smithsonian Institution. 53-Fritz Goro, Museo de Zoología Comparada, Universidad de Harvard–Dr. Frank M. Carpenter. 54, 55-Henry B. Beville, Smithsonian Institution. 56-Fritz Goro, gentileza del Museo Americano de Historia Natural. 57-Fritz Goro, Museo de Zoología Comparada, Universidad de Harvard–Fritz Goro, Museo Peabody de Historia Natural, Universidad de Yale. 58-Fritz Goro, ejemplar en el Museo Británico (Historia Natural)–Fritz Goro, Museo Peabody de Historia Natural, Universidad de Yale. 59-Henry B. Beville, Smithsonian Institution–Fritz Goro, Museo de Zoología Comparada, Universidad de Harvard. 61-Fritz Goro, Museo Botánico, Universidad de Harvard. 62-Willard Starks, Museo de Historia Natural, Universidad de Princeton. 64-Dibujos de Adolph E. Brotman, según la obra *Men and Dinosaurs* de Edwin H. Colbert. Derechos de autor 1968 por Edwin H. Colbert. Publicada por E. P. Dutton y Cía, y utilizados con su autorización. 66 a 71-Diseños en papel de Nicholas Fasciano, fotografiados por Ken Kay. 74-John R. Freeman, gentileza de la Real Sociedad, Londres; Culver Pictures. 75, 76, 77-The Mansell Collection, Londres. 78-Gentileza del Museo Americano de Historia Natural. 79-Museo Peabody de Historia Natural, Universidad de Yale. 81-Acuarelas de Arthur Lakes, fotografiadas por Fritz Goro; Paulus-Leeser (2), Museo Peabody de Historia Natural, Universidad de Yale. 82-Acuarelas de Arthur Lakes, fotografiadas por Fritz Goro–Paulus Leeser (2), Museo Peabody de Historia Natural, Universidad de Yale. 83-Acuarelas de Arthur Lakes, fotografiadas por Benschneider, gentileza de Arthur Lakes Library of the Colorado School of Mines, Golden. 86, 87-Instituto Paleozoológico de la Academia de Ciencias polaca de Varsovia, gentileza de la Dra. Zofia Kielan-Jaworowska, fotografía de W. Skarzynski. 89 a 97-Ilustraciones de Burt Silverman. 98-Lennart Nilsson. 102 a 111-Dibujos de Nicholas Fasciano. 117 a 121-Dibujos de Nicholas Fasciano. 120, 121 -Musculaturas del oposum, del rhesus y del chimpancé según figuras de Huber, 1930 *(Quart. Rev. Biol.,* 5: 147, 404, 408), recompuestas con autorización del equipo de redacción de *The Quarterly Review of Biology.* 122-John Dominis para LIFE. 126-Dr. Roman Vishniac. 134-David Hugues (Bruce Coleman, Inc.). 135-Shelly Grossman; Niall Rankin–Akhtar Hussein. 139-Carlo Bavagnoli para LIFE. 140, 141-Dr. Edward S. Ross. 142-Arthur Rickerby para LIFE. 143-Leonard Lee Rue III (FPG). 144, 145-Nina Leen para LIFE. 146, 147-Dr. Phyllis Dolhinow, gentileza de Gombe Stream Reserve Research Centre. 148, 149-Ilustración de Burt Silverman. La fotografía de fondo es de Dean Brown.

Agradecimientos

Por la contribución prestada para la realización de esta obra, el equipo de redacción expresa su agradecimiento a: Stanley Awramik, Museo de Zoología Comparada, Universidad de Harvard; Donald Baird, del Departamento de Ciencias Geológicas y Geofísicas, Universidad de Princeton; Umesh Banerjee, del Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad de Harvard; Elso S. Barghoorn, profesor de Botánica, Universidad de Harvard; Joan Bliss, oficina del Consejo Científico, embajada de Australia, Washington, D.C.; Richard Bremner, director de programación de Illiac, Burroughs Corporation, Paoli, Pa.; Carol Campbell, Museo de Zoología Comparada, Universidad de Harvard; Frank Carpenter, profesor de Historia Natural, Universidad de Harvard; Robert L. Carroll, Museo Redpath, Universidad McGill, Montreal; Joseph Cope, Fundación Gilbert Cope, West Chester, Pa.; Ross Dalen, Control Data Corporation, Minneapolis; Irven DeVore, profesor de Antropología, Departamento de Relaciones Sociales, Universidad de Harvard; Peter Dodson, Departamento de Geología y de Geofísica, Museo Peabody de Historia Natural, Universidad de Yale; Daniel Fisher, Museo de Zoología Comparada, Universidad de Harvard; Roger Sheridan Fouts, Departamento de Psicología, Universidad de Oklahoma, Norman; Richard D. Fox, profesor adjunto de Geología y Zoología, Universidad de Alberta, Edmonton; Peter Galton, Departamento de Zoología, Universidad de Bridgeport, Conn.; Shirley Hartman, encargado de las exposiciones, Museo Peabody de Historia Natural, Universidad de Yale; Nicholas Hotton III, Conservador de la Sección de anfibios y reptiles fósiles, Departamento de Paleobiología, Museo Nacional de Historia Natural, Smithsonian Institution, Washington, D.C.; James A. Jensen, del Museo de Ciencias de la Tierra, Universidad Brigham Young, Museo Nacional de los dinosaurios, Provo, Utah, Glenn L. Jepsen, profesor de Paleontología de los vertebrados, Universidad de Princeton; Richard Kay, Museo Peabody de Historia Natural, Universidad de Yale; Wann Langston Jr., Museo Memorial de Texas, Austin; Zofia Kielan-Jaworowska, Polska Akademia Nauk, Varsovia, Polonia; Herbert Killackey, profesor asistente, División de Ciencias Biológicas, Universidad de Brown, Providence, R.I.; Victoria Kohler, Museo de Zoología Comparada, Universidad de Harvard; Frank Long, cineasta, Australian News and Information Bureau, Nueva York; Copeland McClintock, director adjunto, Museo Peabody de Historia Natural, Universidad de Yale; Jesse Merrida, Departamento de Paleobiología, Museo Nacional de Historia Natural, Smithsonian Institution, Washington, D.C.; Judith H. Metzger, investigador asistente, Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad de Harvard; Lorus Milne, profesor de Zoología, Universidad de New Hanpshire, Durham; David R. Pilbeam, profesor asistente de Antropología, Universidad de Yale; Edward S. Ross, Academia de Ciencias de California, Golden Gate Park, San Francisco; Dale Rusell, jefe de División de Paleontología, Museo Nacional de Historia Natural del Canadá, Ottawa; Bobb Schaeffer, presidente y conservador del Departamento de Paleontología de los Vertebrados, Museo Americano de Historia Natural, Nueva York; Charles Schaff, Museo de Zoología Comparada, Universidad de Harvard; Charles Smart, Departamento de Ciencias Geológicas y Geofísicas, Universidad de Princeton; William N. Tabolga, investigador asistente, Departamento de Comportamiento animal, Museo Americano de Historia Natural, Nueva York; C. Richard Taylor, director, Concord Field Station, Bedford, Mass.; Richard H. Tedford, conservador del Departamento de Paleontología de los vertebrados, Museo Americano de Historia Natural, Nueva York; Keith S. Thomson, profesor adjunto de Biología, Museo Peabody, Universidad de Yale; Howard Topoff, investigador asistente, Museo Americano de Historia Natural, Nueva York; Karl M. Waage, profesor, Departamento de Geología y Geofísica, Museo Peabody de Historia Natural, Universidad de Yale.

Bibliografía

Geología y Paleobotánica

Andrews, H. N., Jr., *Ancient Plants and the World They Lived In.* Comstock Publishing, 1947.

Arnold, C. A., *An Introduction to Paleobotany.* McGraw-Hill, 1947.

Brooks, C. E., *Climate Through the Ages.* Dover Publications, 1971.

Croneis, Carey G., and William C. Krunbein, *Down to Earth: An Introduction to Geology.* University of Chicago Press, 1971.

Delovoryas, Theodore:
Plant Diversification. Holt, Rinehart and Winston, 1966.
Morphology and Evolution of Fossil Plants. Holt, Rinehart and Winston, 1962.

Dunbar, Carl, and Karl Waage, *Historical Geology.* John Wiley & Sons, 1969.

Kummel, Bernard, *History of the Earth.* W. H. Freeman, 1970.

Leet, Lewis E., and Florence J. Leet, eds., *World of Geology.* McGraw-Hill, 1971.

Stokes, William, *Essentials of Earth History.* Prentice-Hall, 1966.

Tarling, Don, and Maureen Tarling, *Continental Drift: A Study of the Earth's Moving Surface.* Doubleday, 1971.

Biología y Evolución

Barnes, Robert D., *Invertebrate Zoology.* W. B. Saunders, 1968.

Colbert, Edwin, *Evolution of the Vertebrates.* John Wiley & Sons, 1969.

Gregory, W. K., *Our Face from Fish to Man.* Capricorn Books, 1965.

Hotton, Nicholas, III, *The Evidence of Evolution.* American Heritage, 1968.

Hyman, Libbie Henrietta, *The Invertebrates: Protozoa through Ctenophora,* Vol. 1. McGraw-Hill, 1940.

Le Gros Clark, Wilfred, *The Antecedents of Man.* Quadrangle Books, 1960.

McAlester, A. Lee, *The History of Life.* Prentice-Hall, 1968.

McCulloch, Gordon, *Man and His Body.* The Natural History Press, 1967.

Mercer, E. H., *Cells: Their Structure and Function.* Doubleday, 1967.

Moment, Gardner B., *General Zoology.* Houghton Mifflin, 1958.

Noble, G. Kingsley, *The Biology of the Amphibia.* Dover Publications, 1954.

Romer, Alfred Sherwood:
Vertebrate Paleontology. University of Chicago Press, 1966.
The Vertebrate Story. The University of Chicago Press, 1959.

Simpson, G. G., C. S. Pittendrigh, and L. H. Tiffany, *Life: An Introduction to Biology.* Harcourt, Brace, 1957.

Tobias, Philip V., ed., *The Functional and Evolutionary Biology of Primates.* Aldine Atherton, 1972.

Wells, Martin, *Lower Animals.* McGraw-Hill, 1968.

Dinosaurios

Colbert, Edwin:
Men and Dinosaurs. McGraw-Hill, 1951.
The Dinosaur Book. McGraw-Hill, 1951.
Dinosaurs, Their Discovery and Their World. E. P. Dutton, 1961.

Kurten, Bjorn, *The Age of the Dinosaurs.* McGraw-Hill, 1968.

Ostrom, John H., *The Strange World of Dinosaurs.* G. P. Putnam's Sons, 1964.

Ostrom, John H., and John S. McIntosh, *Marsh's Dinosaurs.* Yale University Press, 1966.

Swinton, W. E., *The Dinosaurs.* Thomas Murby, 1934.

Tratados de animales

Bellairs, Angus d'A., *Reptiles.* Harper Torchbooks, 1960.

Chance, Michael, and Clifford Jolly, *Social Groups of Monkeys, Apes and Men.* E. P. Dutton, 1970.

Dethier, V. G., and Eliot Stellar, *Animal Behavior.* Prentice-Hall, 1961.

DeVore, Irven, ed., *Primate Behavior.* Holt, Rinehart and Winston, 1965.

Goetsch, Wilhelm, *The Ants.* University of Michigan Press, 1969.

Gray, James, *How Animals Move.* Cambridge University Press, 1953.

Gregory, R. L., *Eye and Brain.* McGraw-Hill, 1966.

Howell, A. Brazier, *Speed in Animals.* University of Chicago Press, 1944.

Howse, P. E., *Termites.* Hutchinson University Library, 1970.

Hutchins, Ross E., *The Ant Realm.* Dodd, Mead & Company, 1967.

Jay, Phyllis C., ed., *Primates.* Holt, Rinehart and Winston, 1968.

Matthews, L. Harrison, and Maxwell Knight, *The Senses of Animals.* Museum Press, 1963.

Mech, L. Davis, *The Wolf.* The Natural History Press, 1970.

Michener, Charles D., and Mary H. Michener, *American Social Insects.* D. Van Nostrand, 1951.

Muybridge, Eadweard:
The Human Figure in Motion. Dover Publications, 1955.
Animals in Motion. Dover Publications, 1957.

Schiller, Claire H., *Instinctive Behavior.* International Universities Press, 1964.

Smythe, R.J., *Animal Vision: What Animals See.* Charles C. Thomas, 1961.

Tavolga, William N., *Principles of Animal Behavior.* Harper & Row, 1969.

Van Lawick-Goodall, Jane, *In the Shadow of Man.* Houghton Mifflin, 1971.

Wilson, Edward O., *The Insect Societies.* The Belknap Press of Harvard University Press, 1971.

Indice

A
Abejas, colonias de, 129-132
Comunicaciones, 21
Ojos y visión, 16-17
Acuática (vida), animal, 31-34, 40-41
Origen de la, 27-28
ADN (ácido desoxirribonucleico), 10, 27
Aegyptopithecus, 46, 48
Albatros (parada sexual del), 135
Albertosaurio, 70
Algas, 25
Alosaurio, 68, 72-73, 78, 83
Amniótica (cavidad), 99, 109-111
Amphioxus, 101
Ananogmius (fósil), 55
Anatosaurio, 83
Anchicerátops, 83
Anélidos, 28
Aneurophyton, 33
Anfibios, 34, 36-37, 118
Desarrollo de sus miembros y pulmones, 105-108
Espina dorsal y vértebras, 102
Evolución de los, 37-38, 79, 108, 110
Oviparidad, 108
Temperatura interna, 109, 113
Animal (comportamiento), 10, 19, 115
Automático, 19
Condicionado, 19
Instintivo, 19, 130
Racional, 19-20
Animal (vida), 126
Evolución de la, 99, 119
Anquilosaurios, 69
Anquisaurio, 69
Antrodemus, 62
Antropoides, 10-11, 23, 112
Antepasado común del hombre y de los, 48
Cerebro de los, 18, 119, 137
Comportamiento social, 137, 146-147
Arborícola (vida), 115, 118
Archaeosigillaria, 33
Arsinoitherio, 46-47
Artrópodos, 101
Atmósfera, acumulación del oxígeno, 27-28, 124
De la vida primitiva, 25, 27
Audición (sentido de la), 117-119
Australopithecus, 48, 63, 137

B
Bacteria, 26-27, 123-125
Bakker, Robert T., 84
Baluchitherium, 46
Barylambda, 44-45
Biomasa, 136
Bipedismo, 12, 15
De los dinosaurios, 80
Del hombre, 11-15, 103, 107
De los primates, 14, 15, 138
Bothriolepis, 34-35
Braquiosaurio, 65, 68, 72
Brazos (desarrollo de los), 105-108
Brontosaurio, 68, 72, 96-97
Buckland, William, 74-75

C
Cámbrico (fósiles), 29-30
Carbonífero, anfibios, 34-37
Evolución de los reptiles, 37-40
Insectos, 36-37
Vegetales terrestres, 35-36
Carbono, 25
Carnívoros, dinosaurios, 62-98
Datación por la radiactividad, 10
Insectos, 128-132
Mamíferos, 45, 119
Reptiles, 37, 41
Reptiles mamíferos, 38-39
Casmatosaurio, 69
Células, 124
Asociadas, 125
Del cuerpo humano, 128
Especialización de las, 126, 128
Nerviosas, 84, 101, 124-128
Teoría de las simbiosis, 124-125
Cenozoico, 26, 42
Evolución de mamíferos y primates, 43-48
Ceratosaurio, 83
Cerebro, de los antropoides, 18, 119, 138
De los dinosaurios, 84
Evolución del, 18, 116-119
Humano, 11, 18-22, 115, 117, 119
Mamíferos primitivos, 43, 45
Peces, 104, 116
Reptiles, 37, 116
Cetiosaurio, 68
Coelophysis, 69
Colonias, de corales fósiles, 60
Insectos, 129, 136
Monocelulares, 126, 127
Colpodexylon, 33
Columna vertebral, espina dorsal, 37, 101-104
Commoner, Barry, 27
Composognathus, 68
Comunicación animal, 21, 22
Coníferas, 32
Cretácico, plantas con flores, 43
Reptiles acuáticos y voladores, 40, 42, 85

CH
Chasmosaurio, 71
Cheirolepis, 35
Chimpancé, 10, 147
Bípedo, 15
Comportamiento social, 11, 137, 139
Lenguaje, 20-22
Mímica facial, 121
Pensamiento abstracto, 22, 119

D
Darwin, Charles, 9
Deinonychus, 70, 78-79, 89-91
Despletosaurio, 71
Devónico, vida acuática y terrestre, 33-36
Vida vegetal, 31, 32
Dinosaurios, 40, 43, 62-98
Cerebro, 84
Comportamiento social, 85, 89, 93-97, 136
Hábitat, 65, 85, 90
Herbívoros, 64-65, 72-73, 80, 86-90
Parada sexual, 92-93
Diplodocus, 66-67
Dobzhansky, Theodosius, 25, 99

E
Edmontosaurio, 71
Elasmosaurio, 41
Elefante, 128
Embrión, 98, 108-111
Endeiolepis, 35
Epocas geológicas, *cuadro* 26, 29
Eras paleontológicas, *cuadro* 26, 29
Estrella de mar fósil, 30

Euparqueria, 67
Euriptéridos, 30
Eusthenópteron, 34-35
Evolución, 9, 99
Cultural, 22, 138

F
Fabrosaurio, 67
Fecundación, anfibios, peces y reptiles, 108
Plantas, 40-41
Fleurantia, 35
Fósiles, 28, 49, 61

G
Genética, 10, 100
Gorila, 137
Gusto, sentido del, 116

H
Haldane, J.B.S., 14
Hawkiens, Water house, 75
Hemoglobina, 10
Hombre, lenguaje, 21-22, 138
Células, 128
Cerebro, 11, 15, 18, 22, 115, 117, 119, 138
Columna vertebral, 103
Control de temperatura, 109, 112, 115
Desarrollo de los miembros, 22-23, 105, 107-108, 119
Dominio, 11, 20, 23, 99, 119, 123
Locomoción, 11-15
Simetría corporal, 100, 101
Hombres-mono, 48, 119, 137
Homo erectus, 138, 139
Homo sapiens, 138
Sapiens, 8-9
Howells, William, 19
Hypsilophodon, 69

I
Ichthyosaurio, 72
Ichthyostega, espina dorsal, 102
Insectos, 101, 112, 114, 129-136
Fósiles, 50-53
Herbívoros, 129
Sociedades, 129-136
Instinto, 19, 130
Inteligencia, 18-19, 22, 115, 119
Invertebrados, 31, 101

J
Jepsen, Glenn L., 84
Jurásico, *cuadro* 26

L
Lakes, Arthur, 81, 82-83
Laosaurio, 69
Lemur, 45, 115, 119
Lenguaje, 21, 22, 138, 139, 148
Leptocerátops, 30
Lingulella, 29
Locomoción, 12-13, 108
Origen en tierra firme, 34-35, 105-108
Lothagam (mandíbula de), 10
Lystrosaurio, 37

M
McCulloch, Warren, 20
Mamífero, 23, 136
Aparición del, 26, 38, 42, 63-65, 115
Espina dorsal, 102-103
Evolución, 38, 42, 108-109
Primeros fósiles, 43, 58
Mandíbula (evolución de la), 104-105
Mano, 115, 117
Mantell, Mary Anne, 74
Marsh, Othniel Charles, 75, 78, 79, 81-83
Megalosaurio, 68, 74
Megazotrodon (fósil de), 58
Melanosaurio, 67
Memoria, 19-20, 117, 119
Mesolimulus (fósil de), 57
Mesopithecus, espina dorsal, 103
Mesozoico, 26, 29, 38, 40-43
Reptiles, 40, 63, 85
Vida animal, 38-43
Vida vegetal, 40-41, 65, 85, 90
Mioceno, 26, 48
Moeritherio, 46, 47
Moluscos (fósiles), 29-30, 40
Mudge, Benjamin, 81, 82

N
Napier, John, 14, 18
Neanderthal (hombre de), 9
Neuropteris (fósil), 59

O
Oído, 116-119
Oligoceno, 26, 46-48
Ordoviciense, 26, 30
Ornithominus, 69
Ostrom, John H., 78-79, 84
Owen, Richard, 64, 74, 77
Oxígeno, 45
Ausencia de, 25

P
Paleoceno, 26, 43-45
Paleozoico, evolución de la vida en el, 26, 28-39
Parada sexual, 92-93, 134-135
Reptiles, 37, 79
Paramecio, 125-126
Parasaurolophus, 70
Parkosaurio, 69, 70
Peces, 23
Acorazados, 31, 33-35
Equilibrio y ambición, 116-119
Evolución, 26, 30-35, 101, 105
Fósiles, 54-55, 58, 105
Pensamiento racional, 11, 18-19
Abstracto, 22, 117-119
Pérmico, 26, 37-38, 67
Pie, 105-108, 114-115
Placenta, 42, 109, 111
Pleistoceno, 26, 48
Plioceno, 26, 48
Pluricelular (vida), 100, 123
Potasio-argón (datación por), 10
Precámbrico, 24
Primates, 23, 119
Aparición de los, 26
Arborícolas, 115, 117
Comportamiento social, 11, 137-139, 144-149
Prodryas (fósil), 50
Propliopithecus, 113
Prosimios, 26, 44, 46
Proteínas, 10, 27
Protostega (fósil), 52
Pterodáctilo (fósil), 52

Q
Quetzalcoatlus, 41

R
Ramapithecus, 48
Reproducción, aparición de la vida, 27
  Evolución de los anfibios hacia el hombre, 108, 109
Reptiles, 37, 40-42, 72, 80, 85
  Antepasados de los pájaros, 40
  Aparición de los, 26, 37, 79, 108
  Cerebro, 37, 40, 80, 84
  Extinción de los, 42, 88
  Voladores, 40-42, 56, 63, 72, 80, 85

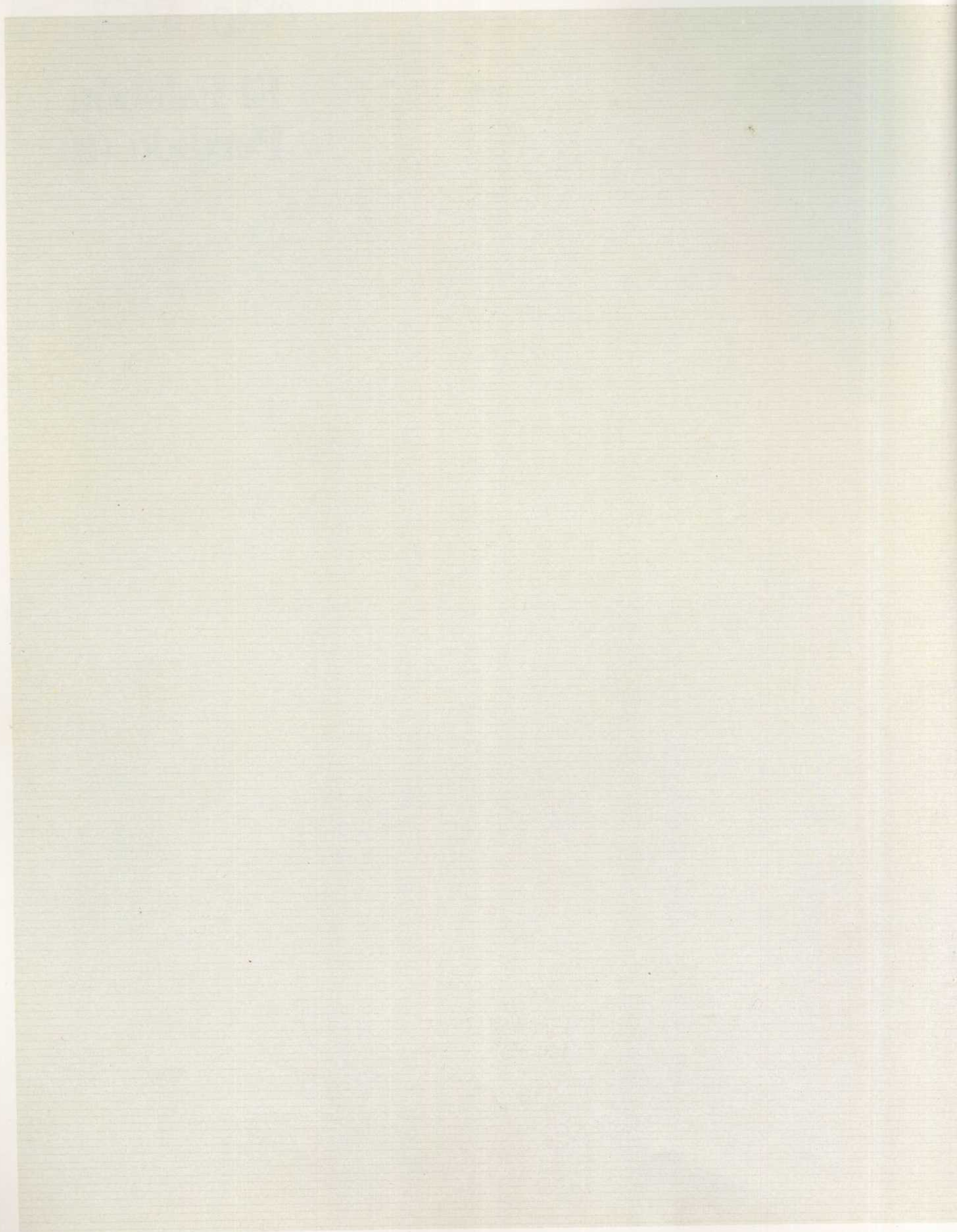
S
Sangre, circulación de la, 114-115, 136
Selección natural, 39, 99
Selkirk, Alexander, 123
Semionotus (fósil), 58
Sentidos, 15-17, 115-119
Silúrico, 26, 39-31
  Peces del, 30-31, 104
Simons, Elwin, 48
Simpson, George Gaylord, 42
Sistema nervioso, 84, 100-104, 128
Sociedad humana, 123, 129, 132, 137-139, 148-149

T
Tarbosaurio, 90-91
Taylor, Bert Leston, 84
Tenontosaurio, 68, 89
Terciario, 26
Termites, 129
Thecodontes, 38, 40, 67, 71, 79
Thrinaxodon, 37
Tricerátops, 70, 80, 83
Trilobites (fósiles), 28-31, 60
Trochosaurio, 39
Tucker, Wallace, 88
Tyrannosaurus rex, 4, 70, 78, 80

V
Van Lawick-Goodall, Jane, 11
Vegetal (vida), 131
  Origen, 27
  Primeros fósiles, 49, 50, 53, 57, 59
Vertebrados, 23, 30, 33, 101-119
  Centros nerviosos, 84, 104
  Dispositivos sensoriales, 116-119
  Evolución de la columna vertebral, 102-104
Vértebras cervicales, 102-103
Vida, 27
  Orígenes de la, 9, 23, 27-28, 123-124
Virus, 27
Visión, 115-118
  En colores, 15-17, 118
  Estereoscópica, 15-17, 115-118

W
Wilson, Edward O., 132
Williamsonia, 90

X
Xiphactinus, fósil, 54-55



Títulos publicados

1 El Eslabón Perdido (I)
2 El Eslabón Perdido (II)
3 La Vida antes del Hombre (I)
4 La Vida antes del Hombre (II)

Próximo volumen

5 El Primer Hombre (I)

ORIGENES DEL HOMBRE 4 La Vida antes del Hombre (II)

TIME LIFE folio